



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**“BIOLOGÍA TÉRMICA, ACTIVIDAD Y USO DEL  
MICROHABITAT DE LA LAGARTIJA *Sceloporus palaciosi* (SAURIA:  
PHRYNOSOMATIDAE) EN LOS DINAMOS DE LA MAGDALENA  
CONTRERAS”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**B I Ó L O G O**

**PRESENTA:**

**VICTOR REYNA ESPINOZA**

**DIRECTOR DE TESIS: Dr. MANUEL FERIA ORTIZ**

**MUSEO DE ZOOLOGÍA**

**MÉXICO, D. F.**

**2012**



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.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a la **Universidad Nacional Autónoma de México** y a la **FES Zaragoza** por haber sido parte de sus filas y brindarme una educación de calidad.

A mi asesor, el **Dr. Manuel Feria Ortiz** por aceptarme en su equipo de trabajo, por su inmensa colaboración para la realización de esta tesis, por sus grandes conocimientos y por el gran ser humano que es.

Al **M. C. Ernesto Mendoza Vallejo** por su apoyo incondicional en todo momento y amistad sincera.

Al **M.C. Carlos Pérez Malvárez**, por su ayuda, por las observaciones realizadas a este trabajo, pero sobre todo, gracias por su comprensión.

A la **M. C. Mercedes Luna Reyes** y a la **M. C. Nigte Ramírez Priego** por su tiempo, y cuyas observaciones ayudaron a enriquecer este trabajo.

Gracias a todas las personas que algún día fueron mis maestros y cuyas enseñanzas me permitieron ser el profesionalista que soy ahora.

## DEDICATORIAS

Quiero dedicar esta tesis a **Dios**, por dejarme llegar a este momento tan importante de mi existencia, por la bonita familia que me obsequió y por cruzar en mi camino a las personas adecuadas para mi vida.

A mis padres Eliazar Espinoza Pavón y Eulalio Reyna Roque, a mis hermanos por su gran amor, apoyo incondicional, por haber estado conmigo en los momentos más difíciles y bellos de mi vida, pero sobre todo gracias por su infinita paciencia.

A todos mis amigos a lo largo de la carrera, por los momentos agradables y chistosos que me harán añorar la escuela; nunca los olvidaré.

A Jazmín Isabel Díaz Mendoza, por todo su apoyo durante los momentos de debilidad a través de todos los años de estudio, por su amor, consejos y comprensión durante los momentos más difíciles de mi vida.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	5
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE</b> .....	9
<b>ANTECEDENTES</b> .....	11
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	11
<b>OBJETIVOS</b> .....	12
<b>DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	13
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	15
FASE DE CAMPO.....	15
FASE DE GABINETE.....	17
<b>RESULTADOS</b> .....	19
LONGITUD HOCICO-CLOACA Y PESO.....	19
BIOLOGÍA TÉRMICA.....	20
PATRÓN DE ACTIVIDAD.....	33
USO DEL MICROHÁBITAT.....	37

<b>DISCUSIÓN</b> .....	39
COMPORTAMIENTO TERMOREGULATORIO.....	40
ACTIVIDAD.....	43
USO DEL MICROHABITAT.....	44
.	
<b>CONCLUSIONES</b> .....	45
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	46

## RESUMEN

Muchas especies de reptiles regulan su temperatura corporal con una considerable precisión por medio de mecanismos conductuales y fisiológicos. Mediante la termorregulación alcanzan las temperaturas que necesitan para realizar óptimamente sus actividades vitales, siendo ésta fundamental ya que afecta aspectos relevantes de su ecología. Existen varios mecanismos termorregulatorios; sin embargo, el patrón de actividad diaria y estacional junto con el uso diferencial del microhábitat constituyen los mecanismos termorregulatorios más importantes en ectotermos.

En el presente trabajo se estudió una población de la lagartija vivípara *Sceloporus palaciosi* que habita en un bosque de pino-oyamel ubicado a 3040 m de altitud en la delegación Magdalena Contreras, al suroeste del Distrito Federal. Se plantearon dos objetivos: (i) describir su patrón de actividad y uso de hábitat y (ii) evaluar si regula o no activamente la temperatura de su cuerpo. Se realizaron visitas mensuales a la zona de estudio con el fin recolectar organismos y registrar datos relacionados con su hábitat, ambiente térmico y patrón de actividad. Los organismos se colectaron con una liga de hule o manualmente.

La longitud hocico cloaca (LHC) de ésta población resultó de  $52.13 \pm 0.57$  mm, siendo los machos más grandes que las hembras ( $54.61 \pm 0.76$  y  $50.14 \pm 0.74$  mm, respectivamente). No se encontraron diferencias sexuales en el peso ( $F = 0.400$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.528$ ). La temperatura corporal ( $T_c$ ) promedio de esta población fue de  $31.26 \pm 0.37^\circ\text{C}$ ; la Temperatura del aire ( $T_a$ ) promedió  $23.64 \pm 0.39^\circ\text{C}$ ; y la Temperatura del sustrato ( $T_s$ ) fue  $26.02 \pm 0.46^\circ\text{C}$ .

Se encontró una relación positiva y significativa entre la  $T_s$  y la  $T_c$ , y entre la  $T_c$  y la  $T_a$ . Los resultados sugieren una tendencia hacia la termorregulación activa y que los organismos también aprovechan el calor que se desprende del sustrato para calentar sus cuerpos.

La temperatura corporal promedio de las hembras preñadas fue  $27.0 \pm 2.73$  °C resultando menor que las otras categorías de edad y sexo, asimismo, la temperatura del sustrato fue relativamente más baja ( $23.28 \pm 2.35$  °C).

Por otro lado, *S. palaciosi* presentó un patrón de actividad unimodal, encontrándose diferencias significativas en hembras no preñadas y machos ( $\chi^2 = 32.44$ ,  $gl = 9$ ,  $p < 0.0001$ ). En el caso de hembras preñadas y jóvenes no se observaron diferencias significativas ( $\chi^2 = 24.75$ ,  $gl = 9$ ;  $p = 0.003$ ), en estos últimos el período de actividad fue más prolongado. Con respecto al uso del microhábitat, el sustrato en el que se observó con mayor frecuencia a *Sceloporus palaciosi* fue la roca, detectándose diferencias significativas entre hembras no preñadas y machos ( $\chi^2 = 20.69$ ;  $df = 4$ ,  $p < 0.0003$  y  $\chi^2 = 37.92$ ;  $df = 4$ ,  $p < 0.00000$ ; respectivamente), mientras que en hembras preñadas y juveniles no se encontraron estas diferencias ( $\chi^2 = 2.000$ ;  $df = 4$ ,  $p < 0.735$  y  $\chi^2 = 6.000$ ;  $df = 4$ ,  $p < 0.199$ ; respectivamente).

En cuanto a las preferencias en las alturas de las perchas, no se observaron diferencias significativas entre machos, hembras no preñadas, hembras preñadas, y jóvenes ( $H = 1.660$ ,  $p = 0.645$ ).

Dado que la temperatura corporal de *S. palaciosi* resultó muy similar a la de otras poblaciones del complejo *grammicus*, se concluye que el género sigue siendo conservativo en su biología térmica, siendo principalmente termorreguladora activa. El uso de hábitats



rocosos y la actividad unimodal son mecanismos que utiliza para regular su temperatura corporal.

## **INTRODUCCIÓN**

La mayoría de las funciones fisiológicas y de comportamiento de los seres vivos se realizan mejor en temperaturas corporales relativamente altas. En consecuencia, con el fin de “funcionar” óptimamente, los organismos comúnmente mantienen sus cuerpos relativamente calientes. Se pueden distinguir dos tipos de organismos: (i) endotermos, como aves y mamíferos, los cuales mantienen sus cuerpos en temperaturas relativamente altas gracias al calor generado a través de su propio metabolismo y (ii) ectotermos, como los reptiles, los cuales tienen capacidades limitadas para generar calor metabólico y por lo tanto dependen de calor externo para calentar sus cuerpos (Bellairis, 1975; Zug, *et al.*, 2001)

La fuente última de calor externo para todos los organismos es el calor que proviene del sol. Los reptiles pueden utilizar directamente la energía solar o pueden emplear otras fuentes de energía, tal como el calor que se desprende de las rocas o del sustrato en el que se encuentren, para calentar sus cuerpos (Bellairis, 1975; Espinoza y Tracy 1997). Sin embargo, generalmente es necesario regular de alguna manera el calor que entra o sale del cuerpo. Esto se debe a que si bien no es conveniente mantenerse en temperaturas bajas la entrada excesiva de calor puede sobrecalentar a los organismos y provocarles la muerte.

En particular, los reptiles han desarrollado diversos mecanismos conductuales y fisiológicos para regular la entrada de calor procedente de su ambiente y de este modo mantener la temperatura de sus cuerpos dentro de ciertos límites. Algunas especies regulan activamente la temperatura de sus cuerpos (termorreguladores activos) y la mantienen

dentro de intervalos muy estrechos, los cuales por lo común coinciden con los intervalos de temperaturas en la cual realizan mejor sus actividades vitales. (Adolph, 1990; Espinoza, 1997). Otras (termoconformistas) casi no regulan la temperatura de sus cuerpos y de este modo sus temperaturas de actividad varían más ampliamente. La precisión de la termorregulación depende de los costos y beneficios asociados a la misma (Huey *et al.*, 1982).

El ambiente físico, es por lo tanto, un factor que está íntimamente implicado en la vida diaria de los reptiles. La regulación de la temperatura influye indirectamente en el estado físico pero afecta directamente la fisiología, la reproducción y el rendimiento ecológico (Huey *et al.*, 1982).

Sin embargo, el hecho de que la temperatura corporal de los reptiles dependa del calor externo provoca que la temperatura del ambiente imponga restricciones en su comportamiento y patrón de actividad. En climas cálidos no extremos muchos reptiles son activos durante la mayor parte del día. Sin embargo, en áreas muy calurosas, la mayoría de los reptiles exhiben un patrón de actividad bimodal debido a que tienen una cumbre de actividad por la mañana y otro al finalizar la tarde, pero se esconden durante las horas más cálidas del día (Bellairis, 1975). Por el contrario, en áreas muy frías los reptiles tienden a ser activos únicamente en las horas más cálidas del día (García-De la Peña, 2007). De hecho, la modificación en el tiempo de actividad diaria y estacional es el principal mecanismo por el que las lagartijas termorregulan (Stevenson, 1985).

La variación del hábitat es una condicionante para el éxito de la termorregulación, es decir, si la lagartija se encuentra en hábitats abiertos o cerrados. Los hábitat cerrados comúnmente implican costo de energía alto para la termorregulación sobre todo cuando los parches de luz de sol se encuentran a largas distancias; al contrario, en hábitats abiertos o

en lugares en donde hay numerosos parches soleados, el costo de la termorregulación tiende a ser bajo, ya que el reptil no tiene que desplazarse mucho para encontrar un sitio adecuado donde asolearse.

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

## **MARCO TEÓRICO**

El descubrimiento de Cowles y Bogert (1944) y Bogert (1949) de que los reptiles son capaces de regular su temperatura corporal por medio de la conducta fue la primera contribución importante para el estudio ecológico de éstos organismos (Huey, 1982).

A partir de ese momento, el interés en la biología térmica de los lacertilios se incrementó dramáticamente. Los primeros trabajos se centraron en recabar las temperaturas corporales de los diferentes taxa, produciéndose numerosos volúmenes de cientos de miles de lagartijas. Sin embargo, dicho enfoque ha ido cambiando y los autores se han preocupado por evaluar las distintas variables involucradas en el complejo proceso termorregulatorio (Gillis, 1991). Destacando por ejemplo, aquellos estudios que determinan los efectos de la temperatura corporal sobre el funcionamiento fisiológico y ecológico, (Huey y Pianka, 2007) así como estudios evolutivos que tratan de explicar la temperatura corporal que presentan las lagartijas actualmente (Ballinger *et al.*, 1969; Woolrich-Piña, 2006).

Los estudios pioneros con el género *Sceloporus* fueron realizados por Bogert en la década de los cuarenta. Desde entonces, se postuló que la fisiología térmica evoluciona lentamente en los reptiles, por lo que especies que están sujetas a climas diferentes pero que se encuentran cercanamente emparentadas serán activas en temperaturas corporales similares.

Hasta la fecha, se sigue respaldando la teoría del conservadurismo térmico en las lagartijas Sceloporinas (Andrews, 1998). Por ejemplo, en el laboratorio algunos grupos de especies de *Sceloporus* cercanamente emparentadas seleccionan temperaturas de alrededor de 35°C, sin cambios con la estacionalidad (McGinnis, 1966) y las registradas en campo, en una amplia gama de altitudes y ambientes térmicos, por lo común se encuentran dentro de un intervalo de 32-36 °C durante su período de actividad normal (Adolph, 1990; Andrews, 1998; Brattstrom, 1965; Gillis, 1991).

Sin embargo, este patrón no es absoluto, observándose diferencias significativas en algunas *Sceloporus*. Por ejemplo, en 1998 Andrews encontró que las *Sceloporus* que habitan tierras tropicales en altas elevaciones exhiben temperaturas corporales bajas promediando 31.5°C.

Además, en algunas lagartijas se ha detectado la imposibilidad en el mantenimiento de las temperaturas corporales de actividad con el paso de las estaciones. Tal es el caso de *S. gadoviae*, cuya Tc es más elevada durante la época seca (Lemos-Espinal *et al.*, 1997a). Asimismo, dependiendo del ambiente que experimenten, las *Sceloporus* presentarán diferentes estrategias termorreguladoras, siendo termoconformistas en hábitats de alto costo ecológico, por ejemplo, *S. merriami* en el Volcán Iztacihuatl a 3700 m, ó termorreguladoras

activas donde el costo ecológico de la termorregulación es bajo; como *S. merriami* en el Volcán Iztacihuatl a 4400 m (Lemos-Espinal y Ballinger, 1995).

Las variaciones térmicas también pueden presentarse entre los individuos de una misma población; como por ejemplo las diferencias entre las temperaturas corporales de hembras y machos adultos. Las explicaciones más comunes ante este hecho, han sido las diferencias en los tiempos de actividad y en el uso del microhabitat que pueden presentar ambos grupos (Lemos-Espinal *et al.*, 1997b). No obstante, en muchas otras poblaciones no se han observado diferencias sexuales en la T<sub>c</sub> (Lemos-Espinal *et al.*, 1997b; Smith y Ballinger, 1994a y b).

Otro aspecto importante que puede influir en las temperaturas preferidas de las lagartijas, es el estado reproductivo de las hembras; ya que en algunos casos se ha observado que las hembras preñadas poseen temperaturas corporales diferentes de las hembras no preñadas (Woolrich-Piña, 2006).

## **ACTIVIDAD**

Sin duda, un aspecto que varía entre las diferentes poblaciones de lagartijas, es el tiempo diario y estacional en el que permanecen activas. Al parecer, la distribución de temperaturas operativas disponibles, indicarán, cuándo, dónde y por cuánto tiempo la lagartija será activa. En 1988 Grant y Dunham determinaron que el ambiente térmico tiene el principal impacto en la actividad de *S. merriami*, siendo máxima cuando la temperatura ambiental se aproxima a la temperatura corporal de actividad promedio de la especie, restringiendo su actividad (tasas de movimientos, búsqueda de alimento, conducta social) cuando se presentan microclimas desfavorables.

Recientemente se ha puesto más énfasis en el tiempo en que son activas las lagartijas, puesto que éste junto con el ambiente térmico y la disponibilidad de alimento que presentan los hábitats son en gran medida responsables de la variación observada en las características de historias de vida; tales como: fecundidad, tasa de supervivencia, tasas de crecimiento, tamaño corporal, edad reproductiva, etc. (Adolph y Porter, 1993; Grant y Dunham, 1990).

### **USO DEL MICROHÁBITAT**

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

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

## DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

*Sceloporus palaciosi* es una lagartija con una talla aproximada de 54 mm de Longitud Hocico Cloaca (LHC) y 129 de Longitud Total (LT) que pertenece a la familia Phrynosomatidae. Presenta escamas mucronadas y quilladas en 70 series paralelas longitudinales e irregulares, las escamas son similares a las laterales. Las escamas dorsales caudales son alargadas, quilladas y mucronadas. Presenta series conspicuas de 17-18 poros femorales moderadamente separados. Presenta una coloración grisácea o marrón, con cuatro pares de líneas oscuras que están dispuestas transversalmente y convergen en la parte central del dorso, se forma un collar en la parte de la nuca con el primer par de líneas dorsales. Presenta parches ventro laterales de color azul claro bordeado en la parte media por una zona blanca, una línea negra longitudinalmente sin tocar la inserción de los muslos. La región pectoral es de color blanco o grisáceo, la parte gular con fondo blanco y puntos grises, además de encontrar algunas escamas de color azul aisladas. La superficie dorsal de la cola presenta bandas transversales y conspicuas de color oscuro y claro continuando hasta la porción ventral (Lara-Góngora, 1983).

El modo reproductor es vivíparo, las hembras pueden iniciar la preñez a partir de los siete meses de vida y su período de gestación ocurre de diciembre a abril; naciendo las crías en mayo (Mendez y Villagran, 1998).

Los hábitats donde se le ha encontrado son los bosques húmedos y densos de *Abies religiosa* y bosques mixtos de *Pinus*, *Quercus* y *Cupressus*. Se ha encontrado en el volcán Xitle a 3000 msnm. En general se localiza en el Ajusco desde las zonas bajas hasta altas elevaciones, además de Ocuilán y Sierra Nevada en el estado de México (El Capulín, Zoquiapan, Cerro de Telapón, Cañada de Quesero, Llano Grande, San Rafael y Nevado de

Toluca) y el Distrito Federal (Monte Alegre, Cerro del Coyote, Santa Rosa y Héroes de Padierna), desde los 2700 m hasta 4400 m (Lara-Góngora, 1983). De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010 es una especie endémica/sin protección especial.



**Foto 1.** *Sceloporus palaciosi*. Tomada en los Dínamos.



## ANTECEDENTES

*Sceloporus palaciosi* es una especie endémica de México que permanece escasamente estudiada. Los únicos trabajos que se han realizado con ella son los de Méndez de la Cruz y Villagrán (1998) donde se describe su ciclo reproductivo, el de Gadsden *et al.* (1989) sobre morfología cromosómica y finalmente el de Lemos-Espinal (2002) donde se registró la temperatura corporal y el dimorfismo sexual de *S. aenus* en el estado de México, así como de *S. palaciosi* en los estados de Morelos y México, cuyo propósito estuvo encaminado en comprobar que entre especies del mismo género y geográficamente cercanas existen diferencias en aspectos de dimorfismo sexual y temperatura corporal. Sin embargo, los datos para ambas especies fueron recabados durante poco tiempo; en el caso de *S. palaciosi* solamente se registraron las temperaturas corporales en agosto y febrero, y únicamente se recolectaron 30 individuos.

## JUSTIFICACIÓN

En reptiles, como en muchos organismos ectotermos, el ambiente térmico externo y la manera con la cual se explota el mismo tiene una importancia crítica en muchos aspectos de la ecología. Por ejemplo, el tiempo que un organismo invierte en calentarse y regular la temperatura de su cuerpo afecta el tiempo dedicado a otras actividades vitales (búsqueda de alimento, cortejo, etc.). Por esta razón, los datos sobre la biología térmica de un reptil (como los presentados en este trabajo) pueden relacionarse con otros aspectos de su vida y permitir inferencias más confiables y completas acerca de otros aspectos de su biología.

Además, con este trabajo se reportan datos sobre el uso de hábitat y biología térmica de *Sceloporus palaciosi*. El conocimiento de requerimientos de hábitat de los reptiles es importante no solo desde un punto de vista ecológico sino también para implementar estrategias de conservación. Desde un punto de vista ecológico, el entendimiento de cómo una especie explota un microhábitat particular permite comprender, en alguna medida, cómo distintas clases de organismos de una misma especie se reparten los recursos y de esta manera evitan la competencia intraespecífica (sobre todo cuando los recursos son escasos). Por otro lado, en estos tiempos en los que el hombre ha estado modificando continuamente el ambiente es importante conocer los requerimientos de hábitat de las especies con el fin de poder implementar estrategias de conservación más exitosas.

## **OBJETIVOS**

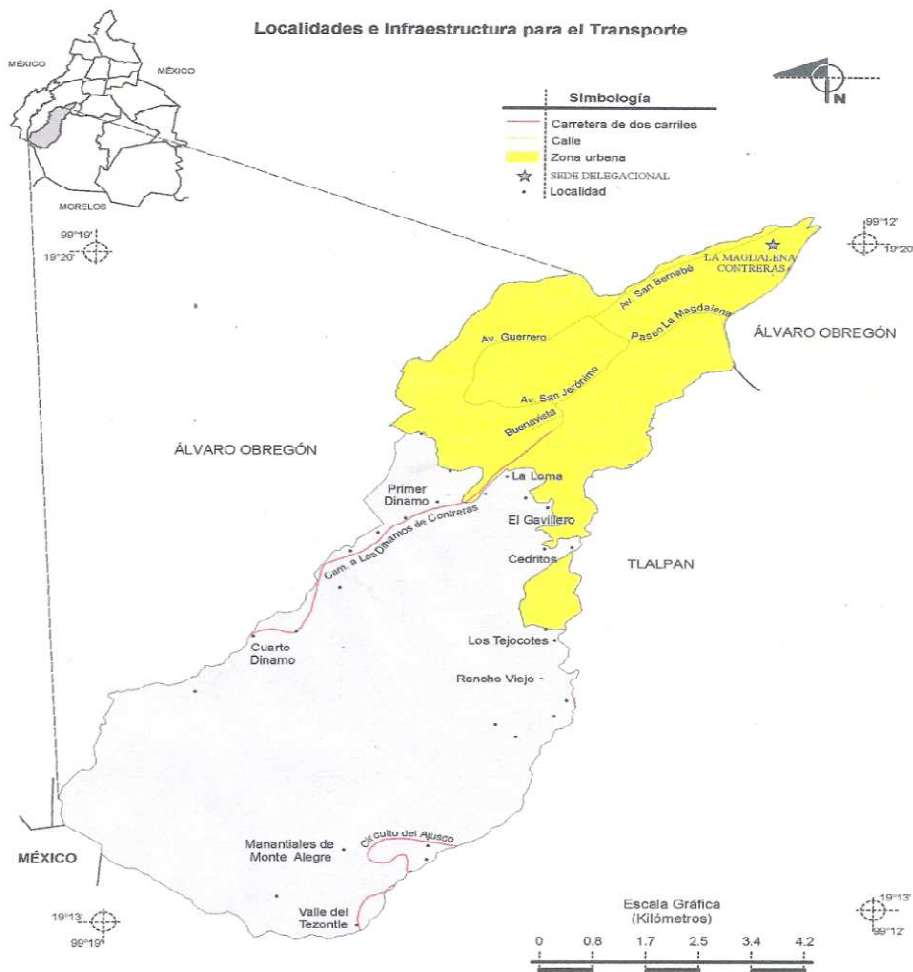
Describir el patrón de actividad y uso de hábitat de una población de la lagartija vivípara *Sceloporus palaciosi* que habita al sureste del Distrito Federal

Evaluar si *S. palaciosi* regula de alguna manera su temperatura corporal mediante el análisis de la relación entre su temperatura corporal y la de su microambiente.

## DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada en la porción sureste de Distrito Federal, en la delegación Magdalena Contreras. El Dínamo más cercano a la zona de estudio, y más alejado de la zona urbana, es el dínamo cuatro. Después del cuarto Dínamo se encuentra el bosque templado de Pino-Oyamel. Todos los ejemplares se recolectaron en esta área.

Las coordenadas geográficas de la zona de estudio son 19° 17' latitud norte y 99° 16' longitud oeste, y la altitud es de 3040 (INEGI, 2000).



## **Clima**

El clima presente es el C (E) (w2), semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad. La precipitación media anual es de 983.2 mm, la temperatura media anual oscila entre los 14.4 °C y los 16.5°C. La máxima temperatura se presentan en los meses de febrero a junio con valores entre 26° a los 29.0°C, los meses más fríos son noviembre, diciembre y enero con temperaturas entre los 23° y 23.5°C (INEGI, 2000).

## **Vegetación**

En este bosque templado predominan los *Pinus*, *Abies religiosa* y *Quercus*. El estrato arbustivo esta representado por las especies *Eupatorium*, *Senecio*, *Baccharis*, *Archibaccharis*, *Stevia*, etc, y el herbáceo contiene numerosos representantes de la familia Compositae y Graminae, además de Leguminosae, Labitae, etc. El estrato rasante está dominado por musgos y se encuentran hongos basidiomicetos durante la época de lluvias (Rzedowski, 1981).

## **Fisiografía**

El área de estudio pertenece a la provincia del Eje Neovolcánico, en la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac. Se caracteriza geológicamente por el predominio de rocas ígneas extrusivas, del tipo de las Andesitas formadas durante el período Terciario de la era cenozoica (INEGI, 2000).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Fase de campo**

De octubre del 2008 a junio de 2009 se realizaron salidas quincenales a la zona de estudio, cada una de dos días de duración. En cada salida se anotó la fecha de observación y las condiciones de tiempo. Esto es, si el día fue soleado o nublado. Asimismo, en cada salida se registraron datos relacionados con la biología térmica y el microhábitat que utilizan estos organismos.

### **Datos relacionados con la biología térmica**

Al observar a una lagartija se le capturaba con la mano ó con una liga ancha. Inmediatamente después de su captura se registró su temperatura corporal (cloacal). Esto se realizó con la ayuda de un termómetro fluke con precisión de  $\pm 0.01$  °C. El proceso consistió en introducir suavemente el extremo del termopar del termómetro dentro de la cloaca del organismo y tomar la lectura correspondiente de la “pantalla” del termómetro. Eventualmente, cuando se presentó viento moderado o fuerte, el dato de temperatura no se estabilizó adecuadamente. En estos casos, se tomó la temperatura procurando que el viento afectara lo menos posible al termómetro y se registró la temperatura cuando su valor en la pantalla del mismo fluctuó lentamente. Únicamente se registró la temperatura cloacal en el caso de que el organismo se hubiera manipulado menos de un minuto, o en el caso de que no se le haya tenido que perseguir durante más de un minuto antes de su captura.

Una vez que se registró la temperatura cloacal se tomaron los siguientes datos: (i) Hora de captura; (ii) tamaño del organismo. Se registró con la ayuda de una regla de plástico transparente; (iii) estatus adulto/juvenil. Los organismos con LHC menor a 38 mm

fueron considerados como jóvenes, mientras aquellos que sobrepasaban esta medida se catalogaron como adultos (Méndez y Villagrán, 1998); (iv) sexo. En organismos adultos los sexos se distinguieron por el color que presentan los individuos en la parte ventral; los machos presentan un color azul intenso, y las hembras poseen una coloración naranja. En organismos pequeños, con parches ventrales difusos, los machos se distinguen de las hembras por la presencia de escamas post anales agrandadas; (v) condición reproductiva. Se distinguió a las hembras no preñadas y preñadas por medio de la palpación; (vi) peso del organismo. Se midió la masa de lagartija utilizando una balanza pesola de 50 g; (vii) exposición del organismo con respecto al sol. Se anotó si el individuo se encontraba a la sombra o en un sitio soleado; (viii) temperatura del sustrato. Se registró la temperatura sobre el sustrato en el que se observó al animal (al tomar la temperatura se evitó que los rayos del sol incidieran sobre el termopar del termómetro; (ix) temperatura del aire. Como en el caso anterior, el registro se realizó dando sombra al termopar. En este caso, sin embargo, el termopar se colocó un centímetro arriba del sitio donde se observó al ejemplar. Los datos de temperatura del aire y del sustrato se tomaron con el mismo termómetro con el cual se midió la temperatura cloacal.

#### **Datos relacionados con el uso del microhábitat**

Una vez observada a una lagartija, se registraron los siguientes datos: (i) Tipo de microhábitat. Si la lagartija se encontraba en una roca, árbol, tronco, tocón, suelo, etc. (ii) Altura de la percha. Con ayuda de una cinta métrica se midió la distancia desde el suelo hasta el punto donde se observó por primera vez a la lagartija. Cuando la lagartija se encontraba a una gran altura se realizó un cálculo aproximado; (iii) Exposición de la percha a la luz. Se anotó si la percha estaba totalmente expuesta al sol, parcialmente expuesta o a

la sombra; (iv) vegetación a 1m de la percha. Con ayuda de una cinta métrica se delimitó el área de 1 m que se encontraba rodeando a la percha donde se encontró la lagartija y se registró el tipo de vegetación presente en dicha área. Se anotó el porcentaje aproximado de estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo, así como de rocas y suelo. (v) Distancia al refugio más cercano. Al término del registro de todos los datos relacionados con la biología térmica, se colocó nuevamente a la lagartija en el lugar donde se le encontró por primera vez, y se aguardó hasta que el animal se dirigió hacia su escondite. Éste sitio se consideró como el refugio más cercano, y con ayuda de una cinta métrica se midió la distancia desde su percha hasta su refugio. En los casos en los que no se lograba capturar a la lagartija se procedió inmediatamente a medir la distancia desde el lugar donde se le observó por primera vez hasta el sitio a donde ésta se escondía.

### **Fase de Gabinete**

Para conocer si existen diferencias significativas en los tamaños corporales entre hembras y machos adultos se realizó una prueba t de student, y para determinar si existieron diferencias en el peso entre dichos organismos se aplicó un análisis de covarianza (ANCOVA,  $\alpha = 0.05$ ).

### **Estadísticos de biología térmica**

Para observar el tipo y grado de relación entre la temperatura corporal de la especie y del microclima se realizaron gráficas de  $T_c$  vs  $T_s$ , y  $T_c$  vs  $T_a$ . También se calculó el análisis de correlación de Pearson ( $r$ ), y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), los cuales se muestran en cada una de las gráficas, así como la ecuación de la recta correspondiente. Las

gráficas y los anteriores estadísticos se aplicaron en hembras preñadas, hembras no preñadas, machos y jóvenes.

Para detectar si existen diferencias significativas entre las temperaturas corporales que presentan los cuatro grupos mencionados arriba se realizó un análisis de varianza (ANOVA,  $\alpha = 0.05$ ) y una prueba de contraste Bonferroni. Así mismo, para conocer si existen diferencias entre los grupos en la elección de sus temperaturas del sustrato y del aire se aplicaron análisis de varianzas (ANOVA,  $\alpha = 0.05$ )

Para determinar si se presentaron diferencias significativas en la temperatura corporal de las lagartijas ocupando diferente condición (sol, sombra y nublado) se realizó un análisis de varianza y una prueba de contraste Bonferroni.

Para conocer si existían tendencias termorreguladoras o termoconformistas, se utilizó el criterio de Huey y Slatkin (1976), quienes mencionan que una especie es termorreguladora cuando el valor de la pendiente de la regresión lineal de la  $T_c$  sobre la temperatura ambiental ( $T_a$  o  $T_s$ ) es cero o cercano a éste, cuando una especie es termoconformista el valor de la pendiente es uno o muy cercano a él.

### **Estadísticos de actividad termorregulatoria**

Para establecer si existían diferencias en la actividad diaria en hembras preñadas, hembras no preñadas, machos y jóvenes se realizaron pruebas de ji-cuadrada. Y para detectar diferencias significativas entre éstas categorías se realizó la prueba no paramétrica Kolmogorov-Smirnov.



## **Estadísticos de uso del microhábitat**

Para detectar si hembras preñadas, hembras no preñadas, machos adultos y juveniles utilizaban significativamente diferentes tipos de perchas se aplicaron pruebas de ji-cuadrada. Así mismo, para determinar si existían diferencias entre dichos grupos se realizó nuevamente una prueba de ji-cuadrada y la prueba no paramétrica Kolmogorov-Smirnov.

En cuanto a la distancia al refugio más cercano, se aplicó la prueba Kruskal-Wallis (H) para encontrar diferencias significativas entre hembras no preñadas, hembras preñadas, machos y jóvenes; y para hallar posibles diferencias en las alturas de perchas entre dichos grupos también se aplicó el mismo estadístico.

## **RESULTADOS**

### **Longitud hocico-cloaca y peso:**

Se capturaron en total 109 organismos, 43 machos, 48 hembras y 18 jóvenes. La longitud hocico-cloaca (LHC) y peso promedio para esta población de *Sceloporus palaciosi* fueron de  $52.13 \pm 0.57$  mm y  $5.3 \pm 0.220$  g, respectivamente. Se encontraron diferencias significativas en el tamaño corporal ( $T = -3.92$ ;  $gl = 89$ ;  $p = 0.00001$ ), siendo los machos más grandes que las hembras (54.61 mm Vs 50.14 mm), sin embargo, no se encontraron diferencias sexuales en el peso (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas (promedio  $\pm$  EE) de longitud hocico-cloaca y peso de *Sceloporus palaciosi*

CATEGORÍA	LHC (mm)	PESO (g)
Adultos		
Hembras:	50.14 $\pm$ 0.74	4.72 $\pm$ 0.28
Machos:	54.61 $\pm$ 0.76	56.00 $\pm$ 0.31
Estadísticos:	T = -3.92; gl = 89; $p = 0.0001$ ; F = 0.400; gl = 1; $p = 0.528$	

### Biología térmica:

La temperatura corporal promedio de *Sceloporus palaciosi* en Los Dínamos, D. F. fue de  $31.26 \pm 0.37$  °C (16-39°C; n = 127); la temperatura promedio del aire (Ta) fue de  $23.64 \pm 0.39$ °C (12.5-35°C), y la del sustrato (Ts) de  $26.02 \pm 0.46$ °C (12.4-36.5°C).

Se encontró una relación positiva y significativa entre la Ts y la Tc (Fig. 1), y la Tc y la Ta (Fig. 2). Esto es, al aumentar la temperatura del sustrato, o la del aire cercana al mismo, aumenta la temperatura de su cuerpo pero en una tasa menor a la que aumenta la temperatura de su microhábitat. Sin embargo, la relación es poco precisa (los coeficientes de determinación involucrados fueron 0.35 y 0.38), lo que sugiere que gran parte de la variación en la temperatura del cuerpo no se debe a la variación en la temperatura de su sustrato.

En el caso de hembras no preñadas, las pendientes de las rectas de regresión para la Tc Vs Ts y la Tc Vs Ta fueron de 0.42 y 0.35 respectivamente (Figuras 3 y 4), lo que sugiere que las hembras no preñadas tienden hacia la termorregulación activa, sin embargo, los coeficientes de determinación fueron de 0.32 y 0.16, por lo que la variación en la Tc no

se debe en gran medida a la variación en las temperaturas del sustrato y del aire. Algo similar ocurre en los machos, las pendientes de las rectas de regresión fueron de 0.44 y 0.56 y los coeficientes de determinación resultaron en 0.32 y 0.31, sugiriendo que los machos también tienden hacia la termorregulación activa, no obstante, la variación en su  $T_c$  no se debe a la variación en la  $T_s$  o a la  $T_a$ .

Para las hembras preñadas se obtuvieron resultados contrastantes, las pendientes de las rectas de regresión resultaron en 1.05 (Fig. 5) y 0.89 (Fig.6). Además los valores de 0.82 y 0.67 de los coeficientes de determinación indicaron que la variabilidad en la  $T_c$  se debe en gran medida a la variación en la  $T_s$  y la  $T_a$ . Esto sugiere termorregulación pasiva. Sin embargo, la temperatura corporal de las hembras preñadas fue más alta que la de las otras categorías examinadas en este estudio. Es posible que las hembras preñadas elijan microhábitats térmicamente apropiados. Esto explicaría porque la temperatura corporal de las hembras parece seguir pasivamente la temperatura de su sustrato (si la temperatura del mismo es adecuada entonces esto sería favorable para ellas). Su eficiencia termorregulatoria dependería de la elección de sitios térmicamente favorables.

En el caso de los juveniles las pendientes de las rectas de regresión fueron de 0.18 y 0.20 (Figuras 9 y 10), indicando que este grupo también tiende hacia la termorregulación activa. Además, sólo el 0.09% de la variación en la temperatura corporal puede explicarse a partir de la variación en la  $T_s$  y la  $T_a$ .

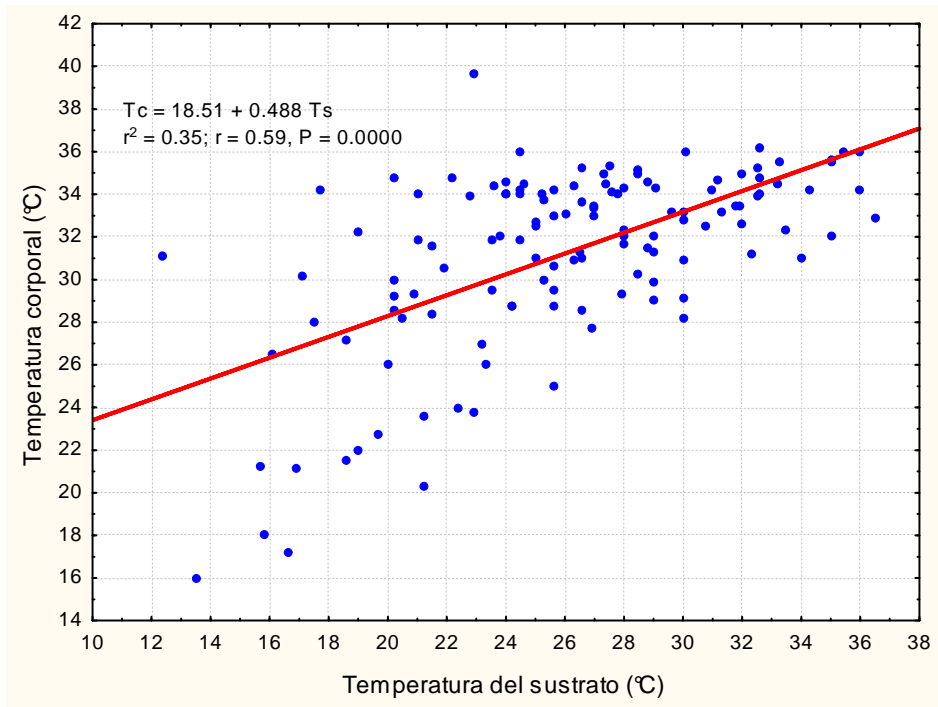


Figura 1. Relación entre la temperatura corporal y la del sustrato para la población de *S. palaciosi* de los Dínamos, Distrito Federal.

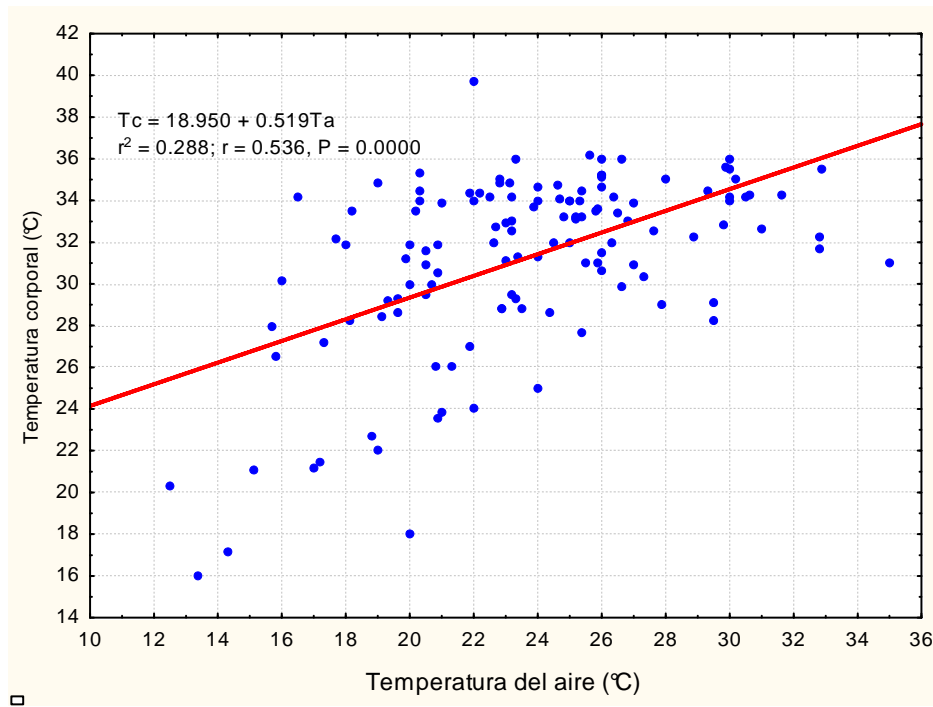


Figura 2. Relación entre la temperatura corporal y la del aire para la población de *S. palaciosi* de los Dínamos, Distrito Federal.

Las temperaturas corporales promedio fueron similares para machos adultos, hembras no preñadas y jóvenes (Cuadro 2). La temperatura corporal promedio de las hembras preñadas fue significativamente menor que la de cualquiera de las de las otras tres categorías ( $F = 3.29$ ;  $gl = 3, 123$ ;  $p = 0.022$ ; prueba de contraste de Bonferroni = 0.015). Sin embargo, la menor temperatura corporal promedio de las hembras preñadas pareció deberse a la captura de tres hembras con temperaturas corporales bajas (16.0, 18.0 y 20° C). Las restantes cinco hembras preñadas tuvieron temperaturas corporales que variaron de 30 a 35.5 °C ( $27.0 \pm 2.73$ ).

Cuadro 2. Temperaturas corporales ( $T_c$  en °C), del sustrato ( $T_s$  en °C) y del aire ( $T_a$  en °C) para machos, hembras no preñadas, hembras preñadas y jóvenes de *S. palaciosi*. Se muestra la media  $\pm$  EE, y el intervalo de variación entre paréntesis.

	<b>T<sub>c</sub></b>	<b>T<sub>s</sub></b>	<b>T<sub>a</sub></b>
MACHOS	31.32 $\pm$ 0.607 (17.2 - 36.2)	26.02 $\pm$ 0.779 (12.4 - 36.0)	23.75 $\pm$ 0.610 (14.3 - 35)
H. NO PREÑADAS	32.0 $\pm$ 0.51 (21.5 - 39.7)	26.55 $\pm$ 0.689 (17.1 - 36.5)	23.78 $\pm$ 0.588 (16.0 - 32.8)
H. PREÑADAS	27.0 $\pm$ 2.73 (16-35)	23.28 $\pm$ 2.35 (13.5-33.3)	21.67 $\pm$ 2.52 (12.5-32.9)
JÓVENES	30.71 $\pm$ 0.625 (26-35.2)	25.82 $\pm$ 1.079 (16.1 - 35)	23.80 $\pm$ 0.943 (15.7 - 29.5)

No se encontraron diferencias significativas entre machos adultos, hembras no preñadas, hembras preñadas y jóvenes en las temperaturas promedio de su sustrato ( $F = 0.905$ ,  $gl = 3$ ;  $p = 0.440$ ); ni en las temperaturas del aire (un centímetro arriba del sustrato:  $F = 0.559$ ,  $gl = 3$ ;  $p = 0.642$ ).

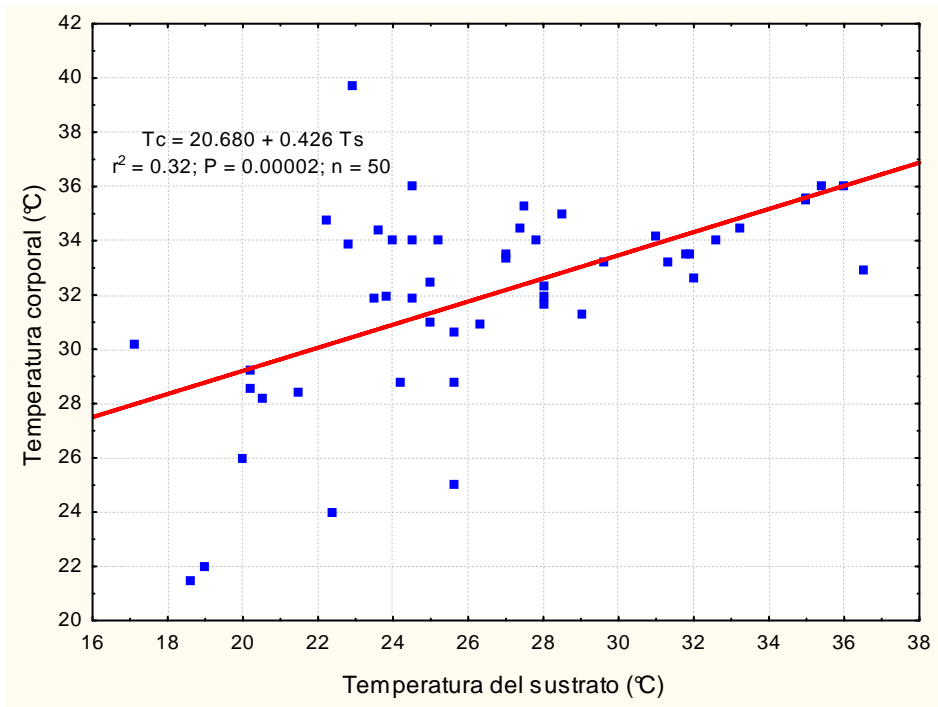


Figura 3. Relación entre la temperatura corporal y la temperatura del sustrato en hembras no preñadas. La temperatura corporal aumenta al aumentar la temperatura del sustrato y la relación es relativamente débil: el 32% de la variabilidad observada en la temperatura corporal es explicada por el modelo.

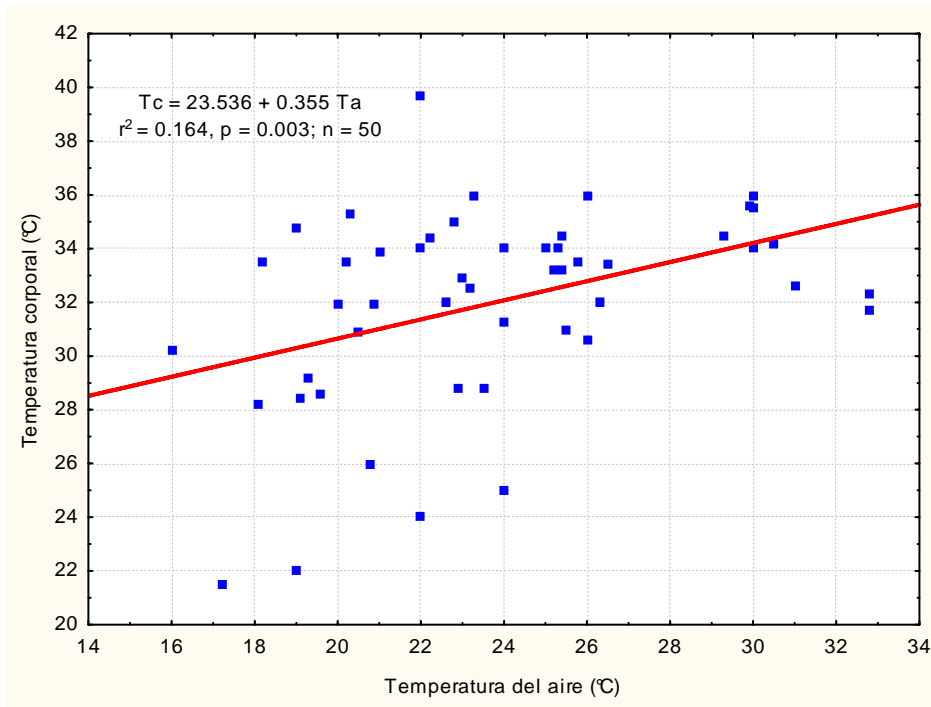


Figura 4. Relación entre la temperatura corporal y la temperatura del aire en hembras no preñadas. La temperatura corporal aumenta al aumentar la temperatura del sustrato, sin embargo, la relación es débil: solo el 16% de la variabilidad observada en la temperatura corporal es explicada por el modelo.



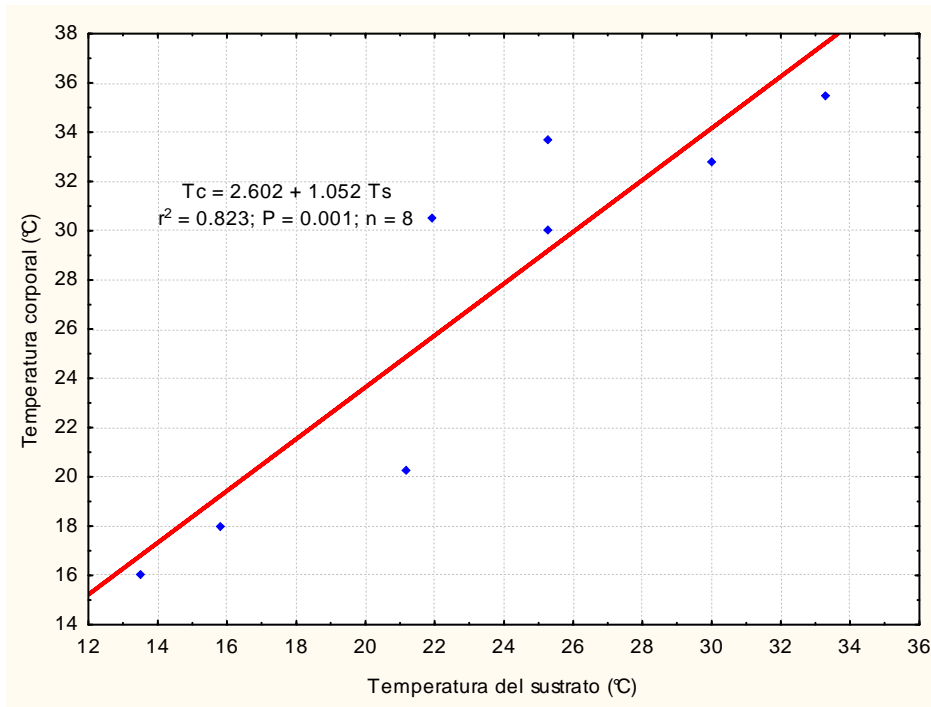


Figura 5. Relación entre la temperatura corporal y la temperatura del sustrato en hembras preñadas. La temperatura corporal aumenta al aumentar la temperatura del sustrato, la relación es muy fuerte: el 82% de la variabilidad observada en la temperatura corporal es explicada por el modelo.

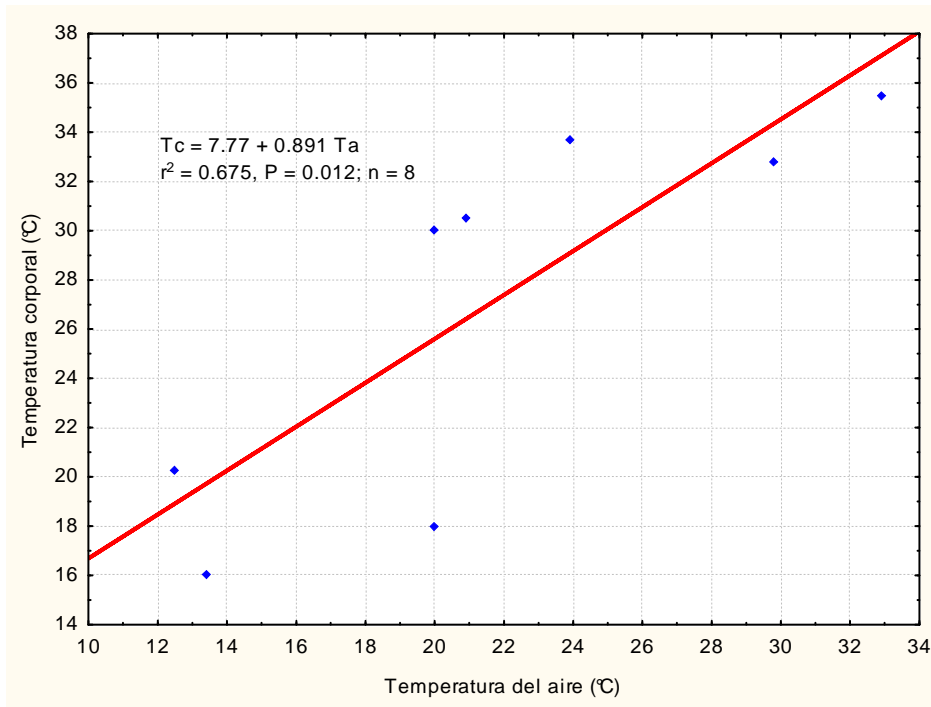


Figura 6. Relación entre la temperatura corporal y la temperatura del aire en hembras preñadas. La temperatura corporal aumenta al aumentar la temperatura del sustrato, la relación es fuerte: el 67% de la variabilidad observada en la temperatura corporal es explicada por el modelo.

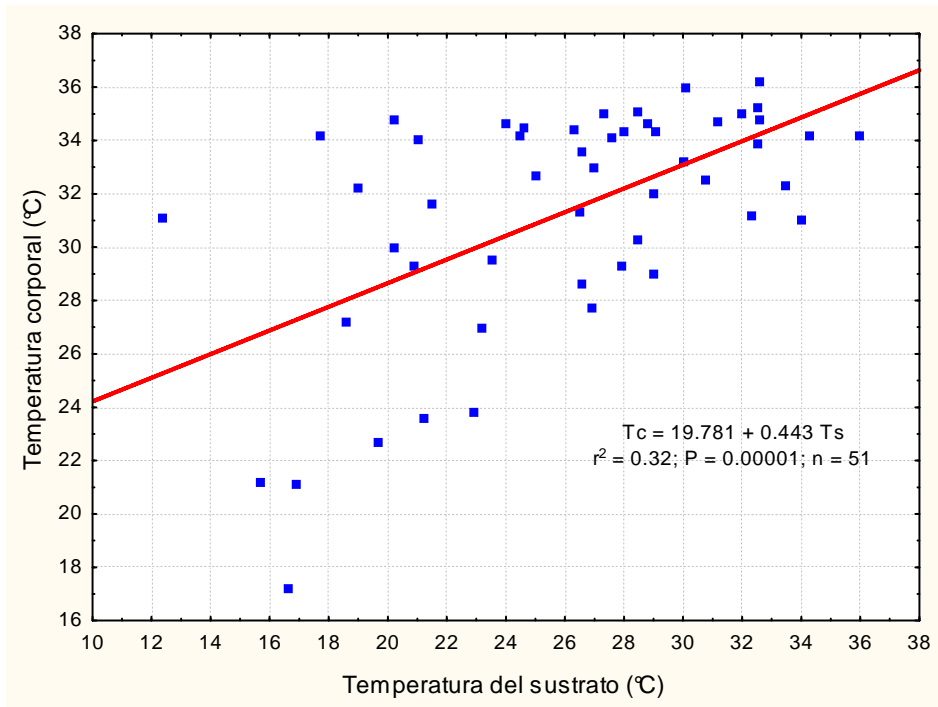


Figura 7. Relación entre la temperatura corporal y la temperatura del sustrato en machos. La temperatura corporal aumenta al aumentar la temperatura del sustrato, la relación es débil: solo el 32% de la variabilidad observada en la temperatura corporal es explicada por el modelo.

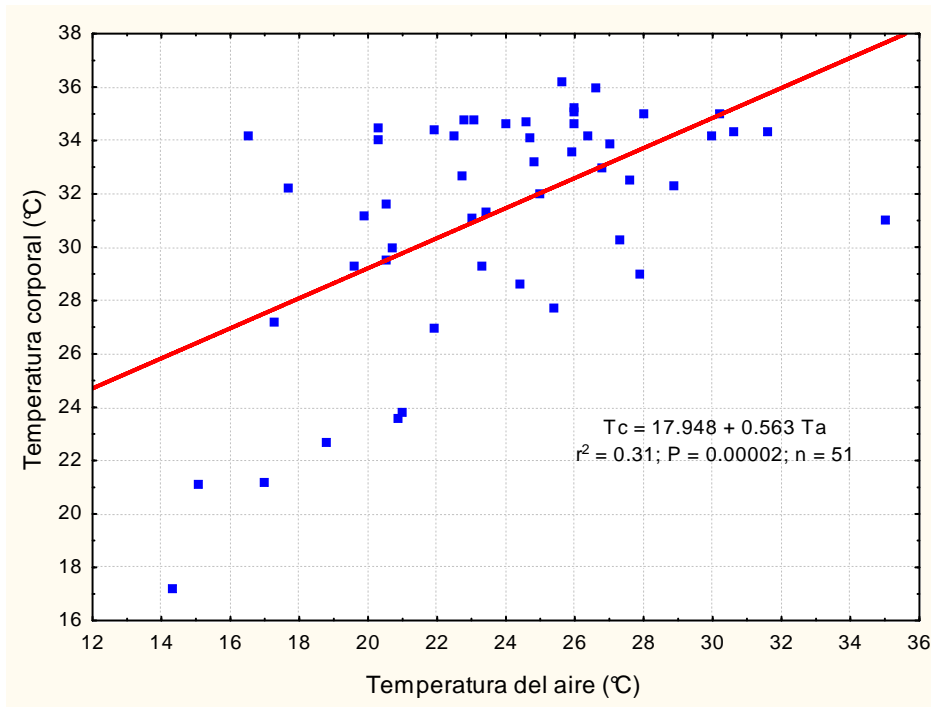


Figura 8. Relación entre la temperatura corporal y la temperatura del aire en machos. La temperatura corporal aumenta al aumentar la temperatura del aire, la relación es débil: solo el 31% de la variabilidad observada en la temperatura corporal es explicada por el modelo.

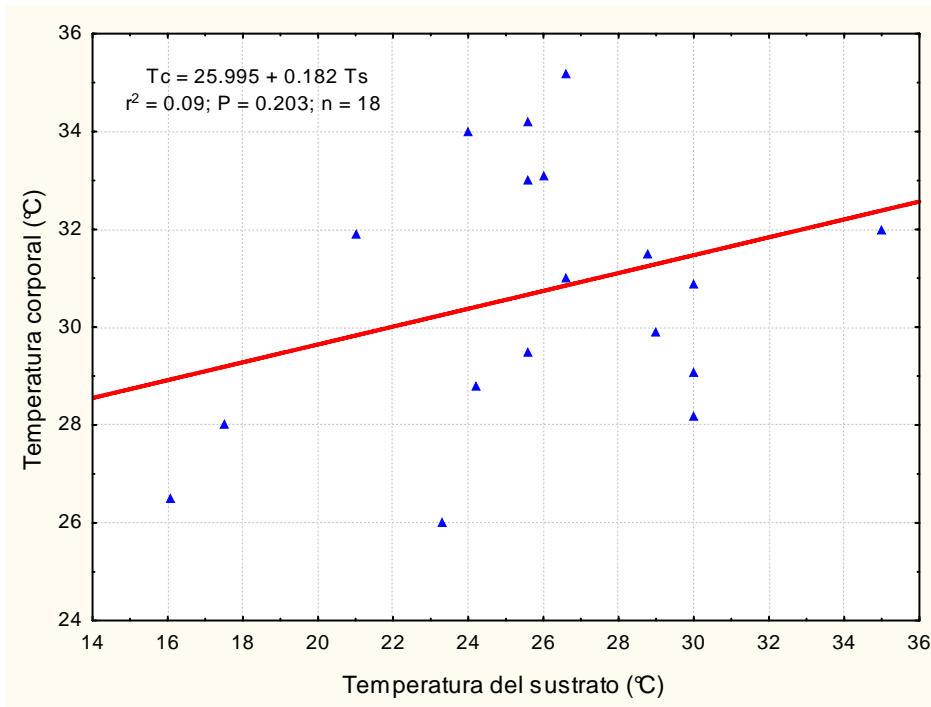


Figura 9. Relación entre la temperatura corporal y la temperatura del sustrato en juveniles. La temperatura corporal aumenta al aumentar la temperatura del sustrato, la relación es débil: solo el .09% de la variabilidad observada en la temperatura corporal es explicada por el modelo.

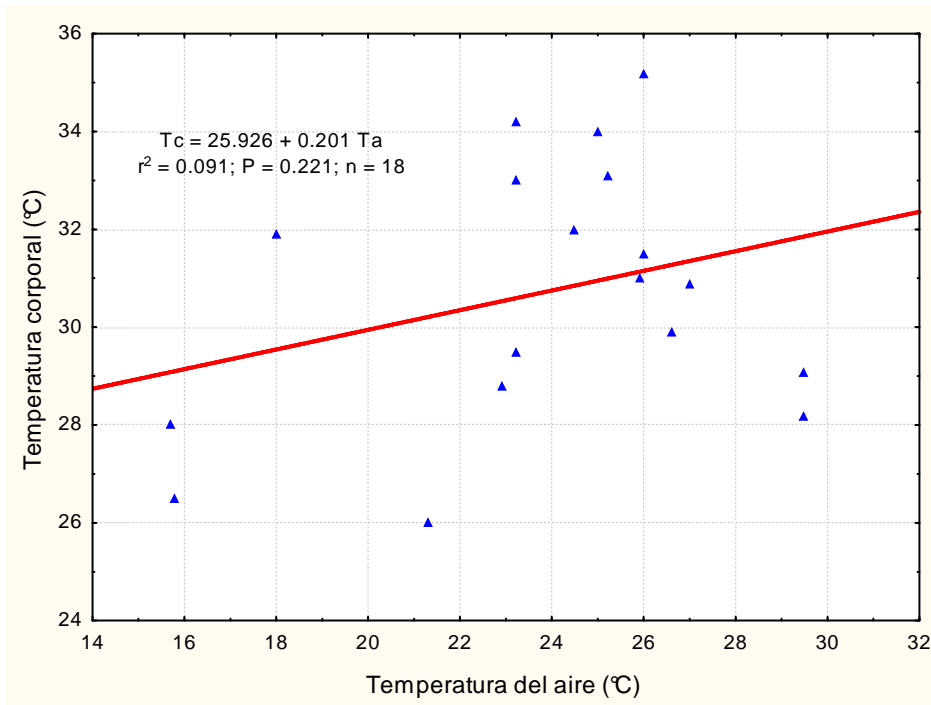


Figura 10. Relación entre la temperatura corporal y la temperatura del aire en juveniles. La temperatura corporal aumenta al aumentar la temperatura del sustrato, la relación es débil: solo el .09% de la variabilidad observada en la temperatura corporal es explicada por el modelo.

Las temperaturas corporales en las lagartijas de *S. palaciosi* que ocupaban diferente condición (sol, sombra y nublado), promediaron  $31.91 \pm 0.37^{\circ}\text{C}$  (intervalo: 16 - 39.7),  $n = 92$ ;  $31.11 \pm 1.03^{\circ}\text{C}$ , (intervalo: 24 - 35),  $n = 11$ ; y  $29.08 \pm 1.15^{\circ}\text{C}$  (intervalo: 17.2-36),  $n = 26$ , respectivamente; observándose una diferencia significativa entre las lagartijas que se encontraron en días nublados con respecto a las que se hallaron en el sol y la sombra ( $F = 4.764$ ;  $gl = 1$ ,  $p = 0.010$ ; prueba de contraste de Bonferroni = 0.007). La influencia de la temperatura del sustrato sobre la temperatura corporal fue mucho más fuerte en los días nublados ( $r^2 = 0.63$ ,  $p = 0.000001$ ;  $T_c = 8.321 + 0.826 T_s$ ) que en días soleados ( $r^2 = 0.27$ ,  $p$

= 0.0000001;  $T_c = 22.631 + 0.355 T_s$ ), o cuando las lagartijas se encontraban en la sombra ( $r^2 = 0.43$ ,  $p = 0.026$ ;  $T_c = 10.65 + 0.746 T_s$ ).

## **PATRÓN DE ACTIVIDAD**

Los primeros organismos activos se observaron a las 8:00, con un pico de actividad máxima entre las 10:00 y las 13:00, después de las 14:00 horas los individuos de *S. palaciosi* raramente son vistos (Fig. 11).

Se encontraron diferencias significativas en el patrón de actividad entre hembras no preñadas y preñadas ( $\chi^2 = 32.44$ ,  $gl = 9$ ,  $p < 0.0001$ ),  $n = 72$  y  $10$ , respectivamente; y entre machos y hembras preñadas ( $\chi^2 = 24.75$ ,  $gl = 9$ ;  $p = 0.003$ ),  $n = 58$ . Sin embargo, las diferencias parecen deberse principalmente al pequeño tamaño de muestra correspondiente a las hembras preñadas.

Las hembras no preñadas y los machos iniciaron su actividad a las 8:00 horas y ambos comienzan a observarse en mayor proporción a las 10:00, sin embargo, el número de hembras no preñadas observadas a las 11:00 disminuye marcadamente, y vuelven a ser conspicuas a las 12:00, mientras que los machos permanecen activos de forma uniforme desde las 10:00 hasta las 13:00 horas (figuras 12 y 13), en general se observaron diferencias significativas en los tiempos de actividad entre estas dos categorías (prueba no paramétrica de Kolmogorov –Smirnov:  $p < 0.05$ ).

No se encontraron diferencias significativas en la actividad de hembras preñadas durante las horas en las que se encontraron activas ( $\chi^2 = 6.0$ ,  $gl = 6$ ;  $p < 0.73$ ),  $n = 10$ ; (Fig. 14) algo similar ocurrió en el caso de los jóvenes ( $\chi^2 = 13.0$ ,  $gl = 9$ ;  $p < 0.16$ ),  $n = 17$  (Fig. 15).

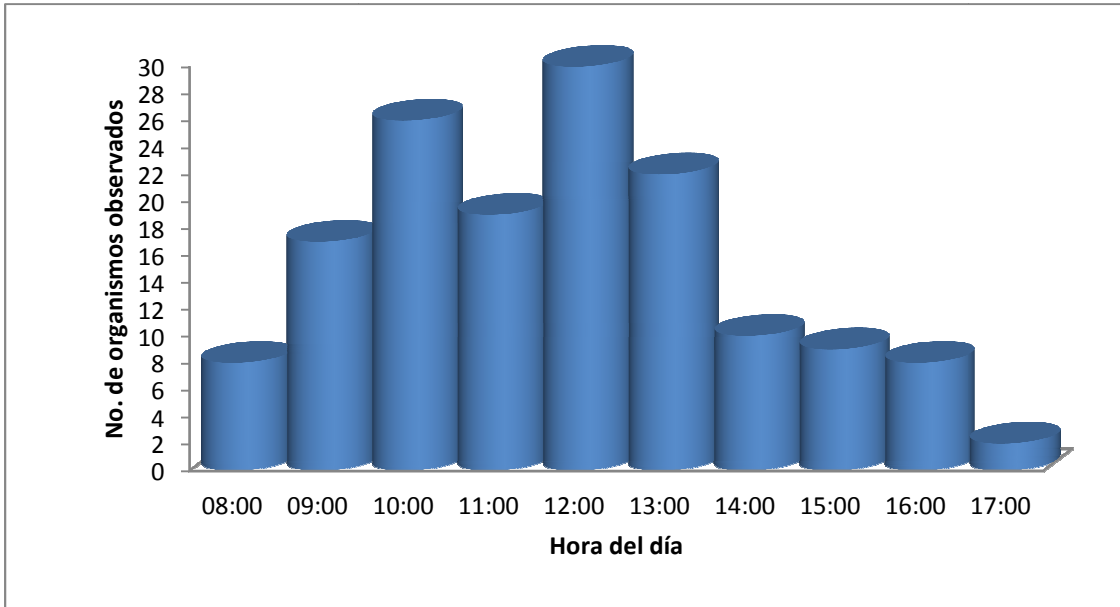


Figura 11. Patrón diario de actividad de *Sceloporus palaciosi* en los Dinamos de la Magdalena Contreras, D.F. La gráfica incluye todas las observaciones realizadas durante el presente estudio.

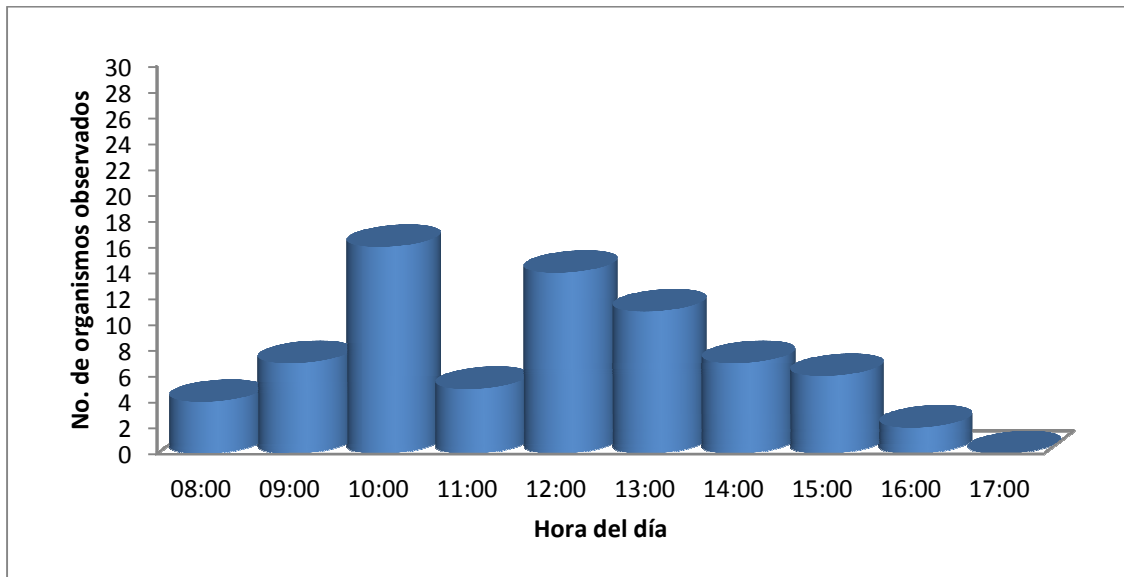


Figura 12. Patrón diario de actividad de las hembras no preñadas de *Sceloporus palaciosi* en los Dinamos de la Magdalena Contreras, D.F.



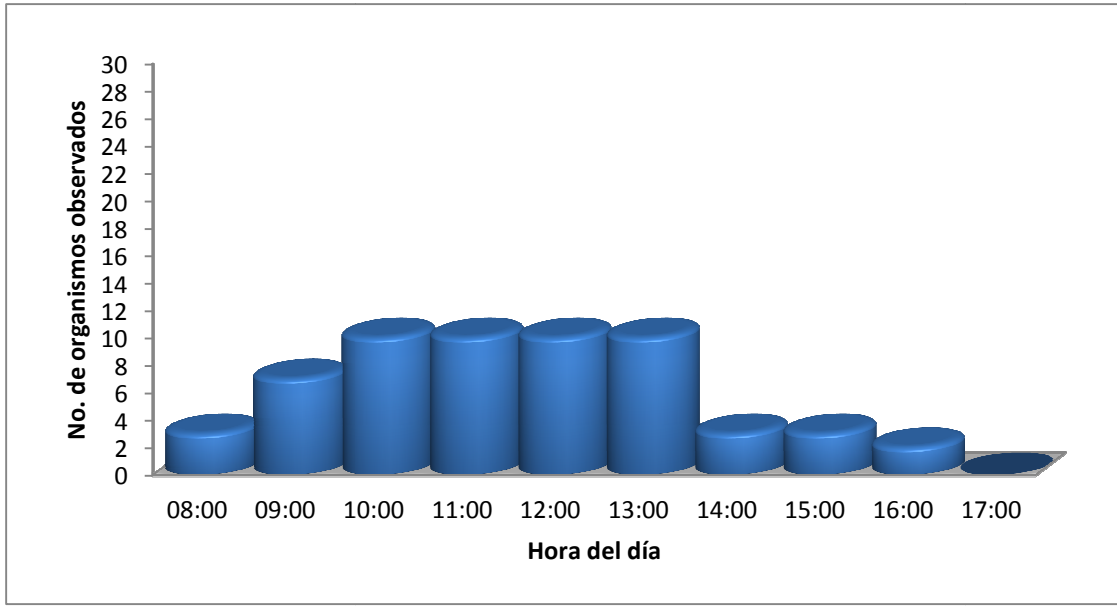


Figura 13. Patrón diario de actividad en los machos en los Dínamos de la Magdalena Contreras, D.F.

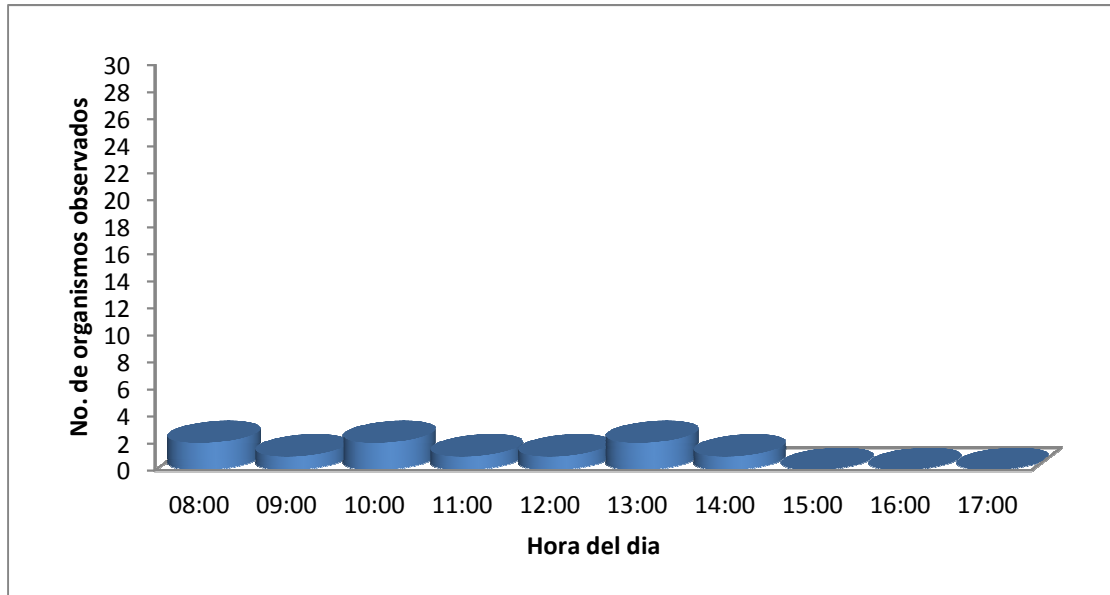


Figura 14. Patrón de actividad en las hembras preñadas en los Dínamos de la Magdalena Contreras, D.F.

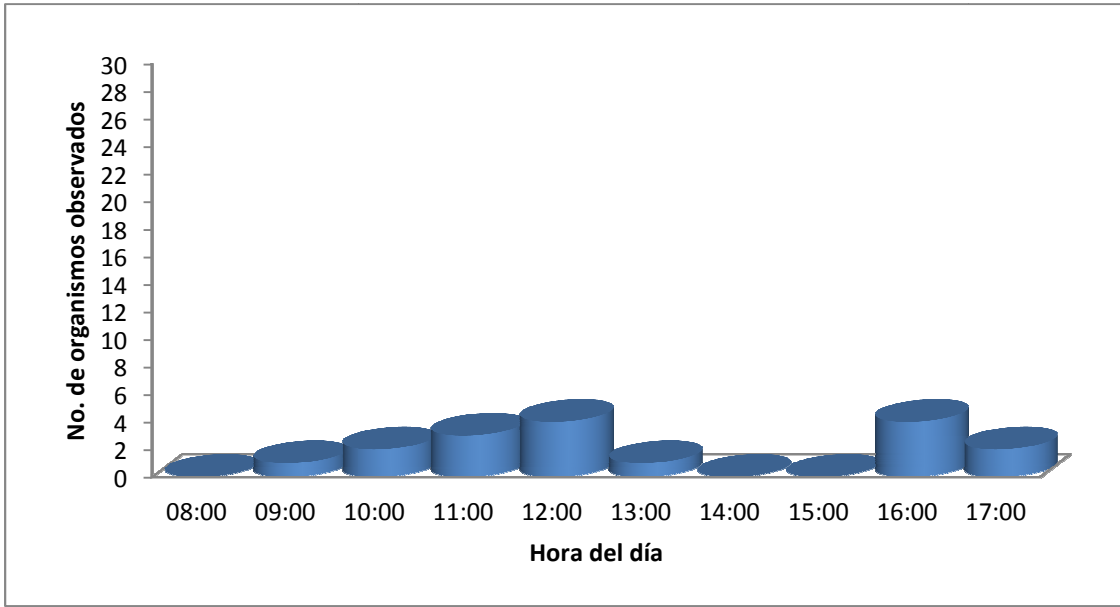


Figura 15. Patrón diario de actividad de los jóvenes en los Dínamos de la Magdalena Contreras, D.F.

## USO DEL MICROHÁBITAT:

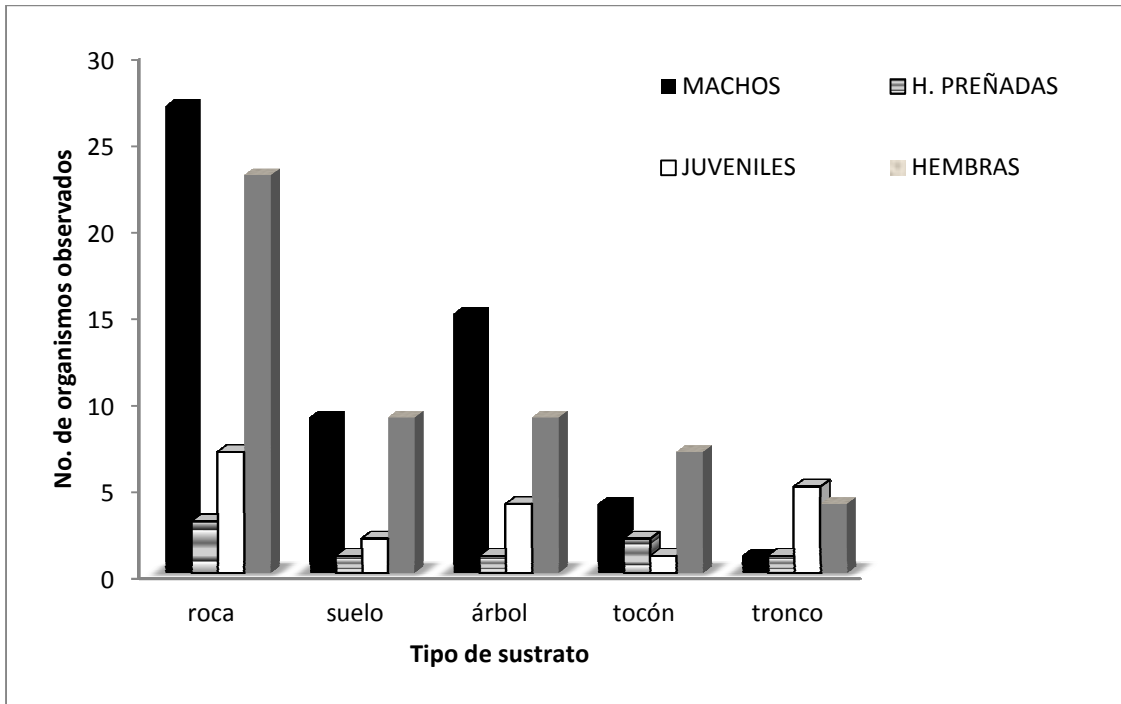


FIGURA 16. Frecuencias de Machos, Hembras no preñadas, H. preñadas y Jóvenes ocupando diferentes tipos de sustratos. Nótese que el sustrato más utilizado por las cuatro categorías fue la roca.

Se obtuvieron diferencias significativas para el uso de diferentes microhábitats en hembras no preñadas ( $\chi^2 = 20.69$ ;  $df = 4$ ,  $p < 0.0003$ ),  $n = 52$ , y en machos ( $\chi^2 = 37.92$ ;  $df = 4$ ,  $p < 0.00000$ )  $n = 56$ . Ambos grupos se encontraron con mayor frecuencia en sustratos rocosos. Sin embargo, a diferencia de las hembras, los machos utilizaron con mayor frecuencia los árboles (Fig. 16). En general, hubo diferencias significativas en el uso de hábitats entre machos y hembras adultas no preñadas ( $\chi^2 = 762.0$ ,  $df = 19$ ,  $p < 0.000000$  y prueba Kolmogorov-Smirnov:  $p < 0.05$ ).

No se encontraron diferencias significativas en el uso de diferentes microhábitats en hembras preñadas ( $\chi^2 = 2.000$ ;  $df=4$ ,  $p < 0.735$ ),  $n = 10$ , ni en jóvenes ( $\chi^2 = 6.000$ ;  $df = 4$ ,  $p < 0.199$ ).

Con respecto a la distancia al refugio más cercano, la prueba Kruskal-Wallis encontró diferencias significativas entre hembras no preñadas, hembras preñadas, machos y jóvenes ( $H = 8.95$ ,  $p = 0.029$ ), (Cuadro 3); las hembras preñadas son las que procuran tener una menor distancia entre sus refugios disponibles y sus sitios de termorregulación.

Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en la altura de la percha de hembras no preñadas, hembras preñadas, machos y jóvenes ( $H = 1.660$ ,  $p = 0.645$ ) (Cuadro 4).

Cuadro 3. Estadísticos que se aplicaron para los datos de distancia al refugio más cercano.

	HEMBRAS	H. PREÑADAS	MACHOS	JÓVENES
<b>TOTALES</b>	n = 50	n = 7	n = 55	n = 21
<b>DISTANCIA PROMEDIO (cm)</b>	100.78 ± 19.34	70 ± 55.16	137.78 ± 22.86	136.76 ± 35.76
<b>INTERVALO (cm)</b>	(5.0 – 400)	(5.0 – 400)	(8.0 – 800)	(5.0 – 500)
<b>ESTADÍSTICOS:</b>	H = 8.95, p = 0.029.			

Cuadro 4. Estadísticos que se aplicaron a los datos de altura de la percha.

	HEMBRAS	H. PREÑADAS	MACHOS	JÓVENES
<b>TOTALES</b>	n = 43	n = 8	n = 43	n = 14
<b>ALTURA PROMEDIO (cm)</b>	81.11 ± 9.67	94.0 ± 20.43	89.65 ± 8.39	71.85 ± 11.56
<b>INTERVALO (cm)</b>	(1.0 – 260)	(30 – 170)	(20 – 300)	(3.0 – 130)
<b>ESTADÍSTICOS:</b>	H = 1.660, p = 0.645.			

## DISCUSIÓN

El tamaño corporal de *S. palaciosi* de los Dínamos de la Magdalena Contreras fue  $52.13 \pm 0.57$  mm, y los machos fueron significativamente más grandes que las hembras (Cuadro 1). Éstos resultados difieren de los reportados por Lemos-Espinal *et al.* (2002) para una muestra de ejemplares de esta misma especie, donde no se observó dimorfismo sexual en el tamaño corporal (machos: 45.8 mm; hembras 46.6 mm) y la LHC promedio total fue tan solo de  $46.2 \pm 9.4$  mm. En parte, estas diferencias pueden deberse al número pequeño de ejemplares examinados por estos autores ( $n = 30$ ), y a que los individuos involucrados provienen de dos poblaciones distintas (Lagunas de Zempoala, Morelos, y Santa Lucía el Progreso, Estado de México). También es de notarse que el error estándar asociado a la media es muy grande (9.4), lo que indica una variación amplia en el tamaño de los organismos incluidos en su muestra. Es posible, por lo tanto, que los resultados obtenidos por Lemos-Espinal *et al.* (2002) se deban a errores de muestreo y no a una ausencia verdadera de dimorfismo sexual.

Los individuos en este estudio tuvieron una temperatura corporal promedio de  $31.26 \pm 0.37^\circ\text{C}$ , y resultó similar a la de otras poblaciones de *Sceloporus palaciosi* provenientes del centro de México (Lemos-Espinal *et al.*, 2002), y de otras poblaciones de lagartijas del complejo *grammicus* (Lemos-Espinal y Ballinger, 1995; Woolrich-Piña, 2006). La similitud en las temperaturas corporales de estas poblaciones puede deberse a que son fisiológica y ecológicamente adecuadas en los ambientes en los que habitan. Sin embargo, esto implicaría que los ambientes en los que se encuentran estas poblaciones también fueran similares, lo cual no es el caso. La población estudiada por Woolrich-Piña (2006) habita en la parte centro-oriental del Distrito Federal, en los alrededores de asentamientos

humanos y donde el clima es templado. El área de las poblaciones estudiadas por Lemos-Espinal (Lagunas de Zempoala, Morelos y Santa Lucía del Progreso) tiene un clima frío subhúmedo con lluvias en verano. Por último, las poblaciones estudiadas por Lemos-Espinal (1995), en las laderas del volcán Iztaccihuatl, en altitudes de 3700 y 4400 m, experimentan climas mucho más fríos. De este modo, la similitud en las temperaturas corporales de estas poblaciones puede deberse a una cuestión filogenética. Un patrón similar se ha detectado en otros géneros de lagartijas (Días y Rocha, 2004).

Con respecto a las temperaturas corporales mostradas por hembras y machos, éstas resultaron idénticas:  $31.32 \pm 0.61^{\circ}\text{C}$  y  $31.32 \pm 0.60^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. Éste patrón ha sido observado en: *S. gadoviae*, (Lemos-Espinal *et al.*, 1997b); *S. jarrovi* (Smith y Ballinger, 1994b); *S. virgatus* (Smith y Ballinger, 1994a); *S. undulatus speari* (Lemos-Espinal *et al.*, 2003); *S. grammicus* (Lemos-Espinal y Ballinger, 1995) y ha resultado muy común en otros géneros. En una revisión reciente sobre biología térmica proveniente de 11,000 individuos del desierto, no se encontraron diferencias sexuales en las temperaturas corporales en el 80.4% de las 56 especies examinadas (Huey y Pianka, 2007).

### **Comportamiento termorregulatorio**

Al considerar el efecto de la temperatura corporal en la condición reproductiva, algunos autores han encontrado que las hembras gestantes pueden presentar temperaturas corporales iguales (Lemos-Espinal *et al.*, 1997a), mayores (Ávila, 2004) ó menores (Smith y Ballinger, 1994a y b) a las de las hembras no gestantes. En la población de *S. palaciosi* de Los Dínamos, las hembras preñadas tuvieron una temperatura corporal menor a las de las otras categorías de sexo y edad, incluyendo hembras no preñadas. Ésta última tendencia, tal vez se deba a que los embriones de estas especies necesitan de temperaturas relativamente

bajas para un desarrollo exitoso. En 1997 Mathies observó que las hembras preñadas de *S. jarrovi* seleccionan activamente temperaturas corporales más bajas que las hembras que recientemente habían dado a luz debido a que las altas temperaturas que experimentan éstas últimas generan descendencia relativamente pequeña y menos saludable, comprometiendo de esta manera la supervivencia de los neonatos.

No obstante, esta disminución en la temperatura corporal también podría reflejar restricciones ecológicas. El peso de la puesta provoca que las hembras preñadas puedan ser más susceptibles a los depredadores, y podrían compensarlo adoptando conductas más sigilosas (por ejemplo, disminuyendo las distancias desde sus sitios de asoleo hacia sus refugios, como se observó en este trabajo). Dicha conducta limitaría las oportunidades termoregulatorias restringiendo a las hembras preñadas de microhábitats idóneos que les permitan elevar sus temperaturas corporales (Mathies y Andrews, 1997). De hecho, la temperatura del sustrato ocupado por las hembras preñadas fue menor que la correspondiente a los sustratos de las otras categorías consideradas en este estudio (Cuadro 1).

Se observó que la temperatura corporal de las lagartijas depende en cierto grado de la temperatura del sustrato (Figs. 1 y 2). Esto sugiere que la población estudiada aprovecha el calor del sustrato para calentar sus cuerpos. Algo similar ocurre con muchas otras especies de lagartijas: los organismos que exponen sus cuerpos a los rayos directos del sol comúnmente también aprovechan el calor que se desprende del sustrato en el que se encuentra (el cual previamente se calentó gracias a la energía solar) para elevar su temperatura corporal. De acuerdo con el criterio de Huey y Slatkin (1976), el cual señala que una especie es termorreguladora activa cuando la pendiente de la recta de regresión

para la temperatura del ambiente y la corporal se aproxima a cero, el valor de 0.48 de la pendiente de regresión en la figura 1 sugiere que la especie estudiada es termorreguladora activa. La pendiente de la regresión correspondiente a las hembras no preñadas fue cercana a cero (Figuras 3 y 4). Sin embargo, el porcentaje de variación explicado por el modelo es bajo ( $r^2 = 0.32$  y  $r^2 = 0.164$ , respectivamente). Algo similar ocurre en los machos. La pendiente de la regresión es menor de 1, y el coeficiente de determinación es relativamente bajo (Fig. 7). No obstante, ambas correlaciones fueron positivas, lo que sugiere que ambos grupos tienden hacia la termorregulación activa.

La pendiente de las rectas de regresión correspondientes a las hembras preñadas fue cercana a 1 y la mayor parte de la variación en su temperatura corporal es explicada por el modelo (Figuras 5 y 6). Esto sugiere que las hembras preñadas realizan poca actividad termorregulatoria. No es claro porque las hembras preñadas termorregulan menos que las otras tres categorías. Como se señaló arriba, una razón podría ser el riesgo de depredación. La carga de los embriones puede afectar la habilidad de las lagartijas para escapar de depredadores. Esto las puede obligar a permanecer cerca de sus refugios a costa de mejorar su eficiencia termorregulatoria. De hecho, la distancia al refugio más cercano fue menor para las hembras preñadas que para los otros grupos (Cuadro 3). Sin embargo, únicamente se tienen datos de temperatura para ocho hembras preñadas. Evidentemente, se requiere más información para poder hacer inferencias más confiables.

En el caso de los jóvenes las pendientes de las líneas de regresión correspondientes fueron más bajas que en el caso de las otras tres categorías estudiadas (figuras 9 y 10). Asimismo, los coeficientes de determinación correspondiente fueron muy bajos (0.09 para ambas regresiones). Esto sugiere una mayor eficiencia termorregulatoria en los jóvenes. En



principio, en los jóvenes es importante mantener temperaturas corporales que favorezcan el crecimiento (por ejemplo, que favorezcan la eficiencia alimenticiao directamente su tasa de crecimiento).

## **ACTIVIDAD**

*S. palaciosi* presentó un patrón de actividad unimodal. Excepto por los jóvenes, los cuales también fueron frecuentes de las 16:00 a las 17:00 horas, la actividad se concentra a mediodía, de 10 a 13 horas. Este patrón de actividad es típico de lagartijas que habitan en ambientes fríos y grandes altitudes (Amat *et al.*, 2003), donde las temperaturas ambientales favorables difícilmente se extienden a lo largo del día. Si bien no es totalmente claro porqué el período de actividad es mayor en los jóvenes que en los adultos podríamos asumir lo siguiente. Primero, los jóvenes se encuentran en etapa de crecimiento y de este modo la búsqueda y captura de alimento puede ser una de sus necesidades principales. Además, su tamaño pequeño hace que puedan intercambiar más fácilmente calor con el ambiente. Esto facilitaría el que sean activos en períodos de tiempo cortos, cuando el sol calienta brevemente el ambiente. Por otro lado, al ser activos cuando hay poca actividad de los adultos, los jóvenes pueden disminuir en algún grado la competencia intraespecífica o las interacciones negativas con los adultos. Las diferencias en los tiempos de actividad entre adultos y jóvenes se han observado en otros lacertilios. Middendorf (1988) por ejemplo, observó que los adultos de *S. jarrovi* son activos principalmente en la mañana, mientras que los jóvenes lo fueron durante todo el día.

A diferencia de las hembras no preñadas, las hembras preñadas cesan su actividad después de las 15:00 horas, cuando el ambiente se torna más frío. En temperaturas más frías

podría disminuir la temperatura corporal de las hembras y esto podría ser desfavorable tanto para las hembras como para sus crías (por ejemplo, al aumentar el riesgo de depredación). Además, en el atardecer podría ser más difícil mantener temperaturas corporales adecuadas para el desarrollo embrionario.

## **USO DEL MICROHÁBITAT**

El microhabitat en el que se observó con mayor frecuencia a *Sceloporus palaciosi* fue la roca. En Arizona, *S. merriami* (Grant y Dunham, 1988) también selecciona preferentemente los sustratos rocosos de forma activa, puesto que este microhábitat se encuentra menos disponible.

En este estudio se encontraron diferencias significativas entre machos y hembras no preñadas en el uso del microhabitat, mientras que en hembras preñadas y jóvenes no se encontraron diferencias. La especie *Eumeces laticeps* (Cooper y Vitt, 1994) muestra un patrón parecido. En dicha especie, los jóvenes y los adultos difieren en el uso del sustrato, observándose una preferencia por parte de los adultos para ocupar robles que poseen una mayor cantidad de agujeros que podrían servir como refugios ante depredadores; mientras que los jóvenes utilizan una mayor diversidad de sustratos.

En cuanto a las preferencias en las alturas de las perchas, no se encontraron diferencias significativas entre machos, hembras no preñadas, hembras preñadas, y jóvenes de *S. palaciosi*. La especie *Plestiodon laticeps* tampoco muestra diferencias sexuales en la altura de la percha, ni entre diferentes categorías de edad durante los meses de mayo a junio (Cooper y Vitt, 1994). Por otro lado, este patrón es diferente al de otras especies (Middendorf y Simon, 1988), tal como *Anolis nebulosus* la cual muestra una correlación

positiva entre la LHC y la altura de las perchas; con los adultos (en especial los machos durante la época reproductiva) utilizando perchas más altas que los jóvenes y las crías (Ramírez-Bautista, 2001).

## CONCLUSIONES

El comportamiento térmico de *Sceloporus palaciosi* en los Dínamos de la Magdalena contreras es similar al de las demás especies que integran el grupo *grammicus*, al menos en dos aspectos principales: la temperatura corporal promedio (31.26 °C) se encuentra entre los 30 y 32 °C y no hay diferencias en las temperaturas mantenidas por machos y hembras.

Al igual que la mayoría de las especies que habitan en ambientes fríos de montaña, *Sceloporus palaciosi* presenta un patrón de actividad unimodal. Asimismo, como ocurre en muchas especies de lagartijas, los jóvenes presentan un patrón de actividad más prolongado que los adultos, una diferencia que comúnmente se ha atribuido a las necesidades que tienen los pequeños de conseguir alimento y crecer lo más posible antes del comienzo de la época desfavorable.

En Los Dínamos de la delegación Magdalena Contreras, *Sceloporus palaciosi* se encuentra con mayor frecuencia en rocas, y en segundo término en troncos de árboles (vivos o muertos). Aún no es claro si esto representa o no una preferencia de microhábitat.

La distancia con la cual los organismos se alejan de un refugio potencial es variable. Sin embargo, es más corta en el caso de las hembras preñadas. Se sugiere que, en virtud de

que su capacidad de desplazamiento rápido se encuentra relativamente disminuida (en virtud de la carga de los embriones) esto representa una adaptación para protegerse de depredadores.

## LITERATURA CITADA

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

Adolph, S. C. y W. P. Porter. 1993. Temperature, Activity, and Lizard Life Histories. *The American Naturalist* 142: 273-295.

Amat, F. G. A., M. A. Llorente y Carretero. 2003. A preliminary study on thermal ecology, activity times and microhabitat use of *Lacerta agilis* (Squamata: lacertidae) in the Pyrenees. *Folia Zoologica* 52: 413-422

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

Ávila, B. L. E. 2004. Ecología térmica de una población de la lagartija *Sceloporus anahuacus* (Sauria: Iguanidae) que ocurre al Noroeste del estado de México. Tesis de Licenciatura. FES - Iztacala. UNAM.

Ballinger, R. E., K. R. Marion y O. J. Sexton. 1969. Thermal Ecology of The Lizard, *Anolis limifrons* With Comparative Notes on Three Additional Panamanian Anoles. *Ecology* 51: 246-254.

Brattstrom, B. H. 1965. Body Temperatures of Reptiles. *American Midland Naturalist* 73: 376-422.

Bellairs, Angus D'a. 1975. *Los reptiles*. Blume, Madrid.

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

Cooper, W. E. Jr. y L. J. Vitt. 1994. Tree and Substrate Selection in The Semi-Arboreal Scind Lizard *Eumeces Laticeps*. *Herpetological Journal* 4: 20-23.

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

Dias, E. J. R. y C. F. D. Rocha. 2004. Thermal Ecology, Activity Patterns, and Microhabitat Use by Two Sympatric Whiptail Lizards (*Cnemidophorus abaetensis* and *Cnemidophorus ocellifer*) from Northeastern Brazil. *Journal of Herpetology* 38: 586-588.

Espinoza, R. E. y C. R. Tracy. 1997. Thermal biology, metabolism, and hibernation. pp. 149-184, in: *The Biology, Husbandry and Health Care of Reptiles*. L. J. Ackerman (Ed.). Volume 1, *Biology of Reptiles*. T. F. H. Publications, Neptune City, New Jersey. USA.

Gadsden, H. E., G. Casas-Andreu y J. W. Sites. 1989. Comparación altitudinal morfológica entre poblaciones de dos citotipos cromosómicos del complejo *Sceloporus grammicus* (Sauria, Iguanidae) en la Sierra de Tepoztlán, Morelos. Acta Zoológica Mexicana 31: 1-25

Gillis, R. 1991. Thermal Biology of Two Populations of Red-chinned Lizards (*Sceloporus undulates erythrocheilus*) Living in Different Habitats in South central Colorado. Journal of Herpetology 25: 18-23.

Grant, B. W. y A. E. Dunham. 1988. Termally imposed time constraints on the activity of the desert lizard *Sceloporus merriami*. Ecology 69: 167-176.

Grant, B. W. y A. E. Dunham. 1990. Elevational Covariation in Environmental Constraints and Life Histories of the Desert Lizard *Sceloporu smerriami*. Ecology 71: 1765-1776.

Huey, R. B. Gans, H. F. Pough. 1982. Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. Biology of the Reptilia (Physiology C: Physiological Ecology), Vol.12 (eds C. Gans& F.H. Pough), pp. 25-92, Academic Press, New York.

Huey, R. B. y E. R. Pianka. 2007. Lizard thermal biology: do genders differ? The American Naturalist 170: 473-478.

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

INEGI, 2000. Cuaderno Estadístico Delegacional. La Magdalena Contreras. México.

Lara-Góngora, G. 1983. Two new species of the lizard genus *Sceloporus* (Reptilia, Sauria, Iguanidae) from the Ajusco and Ocuilan Sierras, México. *Bulletin, Maryland Herpetological Society* 19: 1-14

Lemos-Espinal, J. A. y R. E. Ballinger. 1995. Comparative thermal ecology of the high-altitude lizard *Sceloporus grammicus* on the eastern slope of the Iztaccihuatl Volcano, Puebla, México. *Canadian Journal of Zoology* 73: 2184-2191.

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

Lemos-Espinal, J. A., R. E. Ballinger, S. Sanoja-Sarabia y G. R. Smith. 1997b. Thermal Ecology of the Lizard *Sceloporus mucronatus mucronatus* in Sierra del Ajusco, México. *The Southwestern Naturalist* 42: 344-347.



Lemos-Espinal, J. A., G. R. Smith y R. E. Ballinger. 2002. Body temperature and sexual dimorphism of *Sceloporus aenus* y *Sceloporus palaciosi* from México. *Amphibia Reptilia* 23: 114-119.

Lemos-Espinal, J. A., G. R. Smith, R. E. Ballinger y H. M. Smith. 2003. Ecology of *Sceloporus undulates speari* (Sauria: Phrynosomatidae) From North-C. *Journal of Herpetology* 37: 722-725.

Mathies T. y R. M. Andrews. 1997. Influence of pregnancy on the thermal biology of the lizard, *Sceloporus jarrovi*: Why do pregnant females exhibit low body temperatures? *Ecology* 11: 498-507.

McGinnis, S. M. 1966. *Sceloporus occidentalis*: Preferred Body Temperature of the Western Fence Lizard. *Science* 152: 1090-1091.

Méndez, F. R. y M. Villagran. 1998. Reproducción asincrónica de *Sceloporus palaciosi* (Sauria: Phrynosomatidae) en México, con comentarios sobre sus ventajas y regulación. *Revista de Biología Tropical* 46:1159-1161.

Middendorf, A. G. y A. C. Simon. 1988. Thermoregulation in the Iguanid Lizard *Sceloporus jarrovi*: The Influences of Age, Time, and Light Condition On Body Temperature and Thermoregulatory Behaviors. *The Southwestern Naturalist* 33: 347-356.

Ramírez-Bautista, B. 2001. Perch Height of The Arboreal Lizard *Anolis nebulosus* (Sauria: Polychrotidae) from a Tropical Dry Forest of Mexico: Effect of the Reproductive Season. *Copeia* 2001: 187-193.

Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Limusa. México

Smith, G. R. y R. E. Ballinger. 1994a. Thermal Ecology of *Sceloporus virgatus* from Southeastern Arizona, with Comparison to *Urosaurus ornatus*. *Journal of Herpetology* 28: 65-69.

Smith, G. R. y R. E. Ballinger, 1994b. Temperature Relationships in the High – Altitude Viviparous Lizard, *Sceloporus jarrovi*. *American Midland Naturalist* 131: 181-189.

Smith, G. R. y Ballinger, R. E. 2009. The Ecological Consequences of Habitat and Microhabitat Use in Lizards: A Review. *Contemporary Herpetology* 2001: 1-13.

Stevenson, R. D. 1985. The Relative Importance of Behavioral and Physiological Adjustments Controlling Body Temperature in Terrestrial Ectotherms. *American Society of Naturalists* 126: 362-386.

Woolrich-Piña, G. A. 2006. Ecología térmica de una población de la lagartija *Sceloporus grammicus* (Iguanidae: Phrynosomatidae) que ocurre en la zona centro-oriental de la ciudad de México. *Acta Zoológica Mexicana* 22:137-150.

Zug, R. G., J. L. Vitt y P. J. Caldwell. 2001. Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles. Academic, San Diego.