



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

“BIOLOGÍA TÉRMICA DE LA LAGARTIJA VIVÍPARA
Sceloporus torquatus (SQUAMATA:
PHRYNOSOMATIDAE) DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL,
D. F. MÉXICO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I O L O G O

PRESENTA:

ALUMNO: VÍCTOR HUGO JIMÉNEZ ARCOS

DIRECTOR DE TESIS: Dr. FAUSTO R. MÉNDEZ DE LA CRUZ

ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

AL PROYECTO PAPIIT IN213405 POR LA BECA RECIBIDA Y EL APOYO ECONÓMICO PARA LA ELABORACIÓN Y CULMINACIÓN DE ESTA TESIS.

AL DR ANTONIO LOT HELGUERA, SECRETARIO EJECUTIVO DE LA RESERVA ECOLÓGICA DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL DE CIUDAD UNIVERSITARIA POR LAS FACILIDADES BRINDADAS PARA DESARROLLAR EL TRABAJO DE CAMPO

AL DR JAVIER CABALLERO NIETO, JEFE DEL JARDÍN BOTÁNICO DEL IBUNAM, POR PERMITIR LA COLECTA DE ORGANISMOS EN LAS INSTALACIONES DEL JARDÍN BOTÁNICO

A MI JURADO ASIGNADO: M EN C RODOLFO GARCÍA COLLAZO, M EN C FELIPE CORREA SÁNCHEZ, DR FAUSTO R. MÉNDEZ DE LA CRUZ, BIOL RAÚL RIVERA VELÁZQUEZ Y DR RAÚL CUEVA DEL CASTILLO MENDOZA, POR SUS COMENTARIOS ACERTADOS Y VALIOSOS QUE SIRVIERON PARA MEJORAR EL ESCRITO

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES BEATRIZ SUSANA ARCOS PINO Y MIGUEL ÁNGEL JIMÉNEZ AGUIRRE POR SU AMOR, APOYO Y GUÍA Y SER UN EJMPLO DE VIDA

AL DR FAUSTO R. MÉNDEZ DE LA CRUZ POR LA OPORTUNIDAD Y CONFIANZA BRINDADA, SER PARTE IMPORTANTE DE MI FORMACIÓN Y LOS CONOCIMIENTOS Y CONSEJOS COMPARTIDOS

A ARABEL ESCALONA POR SU AMOR, COMPAÑÍA Y FUERZA Y LOS MOMENTOS DE ALEGRIA Y PAZ QUE ME PERMITIERON CULMINAR ESTA ETAPA

A MIS HERMANOS HIRAM Y EUNICE JIMÉNEZ, POR SU APOYO Y AYUDA DURANTE MI CARRERA

A MIS AMIGOS RAFAEL LARA Y ANÍBAL DÍAZ DE LA VEGA, POR SU APOYO EN EL TRABAJO DE LABORATORIO Y CAMPO Y POR TAN BUENOS MOMENTOS COMPARTIDOS

A ERIC CENTENERO Y SAMUEL SANTA CRUZ, POR LA AMISTAD, VIAJES, RISAS Y CONVERSACIONES SOBRE HERPETOLOGÍA Y LA VIDA

A MIS AMIGOS ADIR VILLAGRÁN Y TEO JUÁREZ Y MI PRIMO ALEJANDRO FOX POR LOS MOMENTOS DE DIVERSIÓN Y REFLEXIÓN PARA CONTINUAR CON EL DÍA A DÍA

A MIS COMPAÑEROS DE LABORATORIO Y DE LA CARRERA EN ESPECIAL A BIOL JORGE MENDOZA, RAMSE CHAIRES, DR NORBERTO MARTÍNEZ Y BIOL GUSTAVO LABRADA POR PARTICIPAR DE ALGUNA U OTRA FORMA CONMIGO

AL DR RAUL CUEVA DEL CASTILLO POR LOS CONSEJOS, CONOCIMIENTOS Y RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE ESTA TESIS

DEDICATORIA

A MI FAMILIA POR SU AMOR, PACIENCIA Y APOYO INCONDICIONAL EN TODO MOMENTO

A ARABEL POR TU AMOR, PAZ Y COMPRENSIÓN Y SER LA LUZ QUE ILUMINA LA OSCURIDAD

Si yo pudiera hablar con pájaros,
con ostras y con lagartijas,
con los zorros de Selva Oscura,
con los ejemplares pingüinos,
si me entendieran las ovejas,
los lánguidos perros lanudos,
los caballos de carretela,
si discutiera con los gatos,
si me escucharan las gallinas!

Nunca se me ha ocurrido hablar
con animales elegantes
no tengo curiosidad
por la opinión de las avispas
ni de las yeguas de carrera:
que se las arreglen volando,
que ganen vestidos corriendo!

Yo quiero hablar con las moscas,
con la perra recién parida
y conversar con las serpientes...

Bestiario (fragmento)

Pablo Neruda

ÍNDICE

RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	6
OBJETIVO GENERAL.....	6
OBJETIVOS PARTICULARES.....	6
HIPÓTESIS.....	6
DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE.....	7
ÁREA DE ESTUDIO.....	8
MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
TRABAJO DE CAMPO.....	9
EFICIENCIA DE LA TERMORREGULACIÓN.....	9
TRABAJO DE LABORATORIO.....	10
ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	11
RESULTADOS.....	12
ANÁLISIS DE DATOS DE CAMPO.....	12
RELACIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL.....	13
ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LABORATORIO.....	14
COMPARACIÓN DE LA T_o Y CLIMOGRAMA.....	16
DISCUSIÓN.....	17
CONCLUSIONES.....	21
LITERATURA CITADA.....	22

RESUMEN

Los niveles de radiación solar proporcionan la energía esencial para que los organismos heliotérmicos desempeñen sus funciones biológicas, dependiendo directamente de la temperatura ambiental. Estudios previos han propuesto que ciertas especies de reptiles están sujetas a restricciones ambientales o fisiológicas que limitan su capacidad termorreguladora. En zonas de alta elevación la calidad térmica del ambiente restringe las oportunidades de termorregular para alcanzar las temperaturas preferidas. Por otra parte la preñez puede limitar la termorregulación debido a que el sobrepeso ocasionado por la camada reduce la capacidad locomotora y/o las temperaturas excesivas pueden tener efectos deletéreos en los embriones. Sin embargo, aun no se han definido los límites altitudinales en donde ocurren los supuestos mencionados o los ambientes en donde las temperaturas pueden resultar óptimas. Este estudio se realizó con una población de *Sceloporus torquatus* que se encuentra a una altitud de 2300 msnm, para determinar los requerimientos térmicos de la especie y si la temperatura ambiental provee las oportunidades para la termorregulación o las limita, asimismo si la condición de preñez reduce la capacidad termorreguladora. La población se ubica en el pedregal de San Ángel, México, D. F., en donde se realizaron muestreos durante los meses de mayo y junio de 2006 y febrero, marzo y abril de 2007. En estos meses se incluye la temporada de preñez y no preñez. Los análisis se enfocaron principalmente a la termorregulación de las hembras preñadas y no preñadas, utilizando el protocolo propuesto por Hertz, *et al.* (1993) determinamos los requerimientos térmicos de esta población. Se registraron diferencias significativas en las temperaturas de actividad de campo y las temperaturas seleccionadas en el laboratorio entre machos y hembras preñadas y machos respectivamente. Los requerimientos térmicos en hembras fueron diferentes con machos y hembras no preñadas posiblemente se deba a que la condición de preñez conlleve a que el intervalo de temperaturas seleccionadas en laboratorio de las hembras preñadas es menor, derivando en una mayor precisión y eficiencia de la termorregulación a pesar de la menor calidad térmica del ambiente. Se registraron diferencias significativas en las temperaturas operativas durante los meses de preñez y no preñez, posiblemente debido a la época de lluvias. La temperatura de actividad en campo y en laboratorio entre hembras con diferente condición fisiológica reproductora son similares, esto implica que la capacidad termorreguladora no es limitada por la preñez, además el ambiente ofrece suficientes oportunidades de intercambio calórico para que las lagartijas alcancen la temperatura óptima. Los resultados sugieren que las condiciones ambientales de esta población permiten a las hembras mantener temperaturas corporales de campo óptimas por lo que la condición de preñez no afecta esta selección, proponiendo que este ambiente podría representar el modelo ideal para el surgimiento de la viviparidad en lacertilios con requerimientos térmicos similares a la población estudiada.

INTRODUCCIÓN

La insolación proporciona la principal fuente de energía que regula los patrones de actividad de reptiles heliotérmicos (Díaz de la Vega-Pérez, 2006). Durante el periodo de actividad las lagartijas mantienen temperaturas corporales relativamente altas y constantes (Herczeg *et al.*, 2006); además no se han registrado variaciones estacionales en la temperatura corporal (McGinnis, 1966). La selección de sitios de percha adecuados y la exposición a diferentes microclimas les permiten a las lagartijas mantener temperaturas óptimas de acuerdo a los requerimientos térmicos específicos (Avery, 1982; Garland *et al.*, 1991; Mathies y Andrews, 1997).

La temperatura corporal que muestran diversas especies del género *Sceloporus*, evidencia un conservadurismo en la biología térmica asociado a factores filogenéticos (Andrews, 1998). Registrándose tanto para especies ovíparas como vivíparas a pesar de la amplia distribución y que habiten en condiciones ambientales contrastantes (Bogert, 1949; Andrews, 1998). En consecuencia la termorregulación esta estrechamente relacionada con aspectos fisiológicos (Angilleta *et al.*, 2002), locomotores (Díaz de la Vega-Pérez, 2006), metabólicos (Herczeg *et al.*, 2006) y reproductores (Mathies y Andres, 1997) en las lagartijas. La biología y la ecología térmica son afectadas por factores externos como el clima, altitud y tipo de vegetación entre otros, donde las lagartijas pueden exhibir temperaturas corporales de campo bajas o altas dependiendo de las condiciones ambientes (Lemos-Espinal *et al.*, 1997a; Andrews, 1998). La condición de preñez en las hembras también puede afectar la termorregulación, en trabajos previos se ha registrado que las hembras preñadas tienden a la selección de temperaturas corporales en campo y en laboratorio más bajas que machos o hembras no preñadas (Beuchat, 1986; Mathies y Andrews, 1997).

Se ha propuesto que la viviparidad en reptiles pudo resultar como una adaptación a ambientes fríos permitiendo colonizar zonas de mayor altitud o latitud (Tinkle, 1977; Shine *et al.*, 1979; Guillette *et al.*, 1980; Guillette, 1982; Shine, 1985; Qualls *et al.*, 1995). En estos ambientes la hembra actúa como incubadora durante la preñez proporcionando la temperatura

óptima para el desarrollo de la camada (Vinegar 1974; Gutzke y Packard 1987; y Herczeg, 2006). Asimismo la fenología de la reproducción es afectada por las condiciones ambientales (Méndez-de la Cruz *et al.*, 1998). Para especies ovíparas la vitelogénesis ocurre en primavera, la ovoposición de una o más camadas al final de la primavera y verano y los nacimientos a finales del verano, esta característica es independiente de la altitud y la latitud. En especies vivíparas la vitelogénesis sucede a finales de verano u otoño, la gestación continua durante el invierno mientras que el parto ocurre en primavera (Garland *et al.*, 1991; Guillette y Méndez de la Cruz, 1993).

El modo reproductor vivíparo domina a altitudes mayores a los 1500 msnm resultando en el incremento de especies vivíparas del género *Sceloporus* en altas elevaciones (Tinkle, 1977). En zonas elevadas la distribución de las especies esta limitada por restricciones asociadas a la temperatura ambiental donde las lagartijas no logran alcanzar la temperatura preferida debido a limitantes en las oportunidades de termorregulación en climas fríos (imposibilidad térmica; Gutzke y Packard, 1987; Guillette, 1982). Asimismo las diferencias fisiológicas entre hembras preñadas y no preñadas es una restricción para alcanzar la temperatura óptima por factores como el peso durante la gestación y se ha registrado que temperaturas altas ocasionan efectos deletéreos en los embriones (impedimentos asociados a la reproducción; Mathies y Andrews, 1997). Sin embargo, aun no se han definido los límites altitudinales o las especies en donde ocurren los supuestos mencionados además el ambiente donde las temperaturas pueden resultar óptimas.

En el género *Sceloporus* género, se registran cuatro orígenes de la viviparidad (ver Weins y Reeder, 1997; Méndez-de la Cruz *et al.*, 1998; Martínez-Méndez y Méndez-de la Cruz, 2007) uno de ellos ocurre en el clado *megalepidurus-grammicus-torquatus*, compuesto por especies que ocupan hábitats tan contrastantes como zonas áridas y selvas húmedas, a lo largo de un gradiente altitudinal desde los cero hasta los 4000 msnm, con una distribución desde el desierto de Arizona, Estados Unidos, hasta Belice y Guatemala (Martínez-Méndez y Méndez-de la Cruz, 2007).

Con base en la información presentada anteriormente, en el presente estudio se determinó la actividad termorreguladora de la especie vivípara *Sceloporus torquatus*, para determinar: ¿Cuáles son los requerimientos térmicos de la especie? ¿El ambiente que ocupan es limitante o facilita la termorregulación? y ¿Existen diferencias en la actividad termorreguladora entre hembras preñadas y no preñadas?

HIPÓTESIS

Los requerimientos térmicos de esta población serán similares en campo y laboratorio debido a que las condiciones ambientales de esta población no son una limitante en las oportunidades de termorregulación.

La termorregulación de hembras con diferente condición fisiológica reproductiva será diferente debido a que la preñez limita la capacidad termorreguladora.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar los requerimientos térmicos de la lagartija vivípara *Sceloporus torquatus* del Pedregal de San Ángel en campo y laboratorio, con énfasis en la termorregulación de hembras preñadas y hembras no preñadas.

OBJETIVOS PARTICULARES

Determinar la temperatura corporal de hembras preñadas, no preñadas y machos en campo y la temperatura del microclima (temperatura del aire y sustrato).

Determinar la temperatura corporal en el laboratorio mediante un gradiente térmico en condiciones de temperatura controlada.

Determinar las diferencias en los requerimientos térmicos entre hembras con diferente condición fisiológica (preñez y no preñez) así como entre sexos.

Determinar las diferencias entre las temperaturas durante la época de preñez y no preñez en la especie.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Sceloporus torquatus es una lagartija de talla media aproximadamente 87.3 ± 8.0 mm de longitud hocico-cloaca y 180 ± 20.3 mm de longitud total. La coloración va de un gris oscuro a negro con bandas claras difusas en el dorso, en las hembras adultas de color rosado a gris claro y en los machos adultos verde claro con escamas mucronadas de coloración intensa en la temporada reproductiva (Smith, 1939). Presentan un collar nual oscuro de no más de cuatro escamas de grosor bordeado por una hilera de escamas claras solamente en machos. Las escamas dorsales son ligeramente quilladas y mucronadas, a diferencia de las dorsolaterales que son más grandes y fuertemente quilladas y mucronadas (Smith, 1939). Los parches ventrales de los machos son de color azul intenso y no están en contacto en la parte media ventral; el resto del vientre es de color negro y la zona gular azul oscuro (Martínez-Méndez y Méndez-de la Cruz, 2007). El modo reproductor es vivíparo con un periodo de preñez de cinco a seis meses, el tamaño de camada va de 6 a 15 crías, alcanzando la madurez sexual al primer año de vida, la gestación se inicia a finales de otoño y los nacimientos al inicio de la temporada de lluvias (Guillette y Méndez-de la Cruz, 1993).

El tipo de hábitat donde se localiza son rocas basálticas en bosque de encino y pino-encino y en áreas perturbadas como campos de cultivo en amontonamientos de rocas (Castro-Franco y Bustos, 2004). En el pedregal de San Ángel se encuentra ampliamente distribuida a lo largo de la reserva y en bardas de roca basáltica en la zona suroriente de la cantera. La distribución altitudinal va de los 1965 a 2485 msnm (Castro-Franco y Bustos, 2004). Es una lagartija de hábitos diurnos e insectívora, que se refugia en grietas de rocas basálticas. La distribución de la especie se restringe al norte y centro de México, en los estados de Tamaulipas, Veracruz y Aguascalientes y hacia el centro en los estados de Puebla, Hidalgo, Estado de México, D.F. y Morelos.



FIGURA 1. Fotografía de la especie estudiada *Sceloporus torquatus* macho y hembra joven.

ÁREA DE ESTUDIO

El pedregal de San Ángel (REPSA) se localiza al sur de la ciudad de México a una altitud promedio de 2300 msnm en las coordenadas 19° 18' N y 99° 11' O y 19° 18' N y 99° 10' aproximadamente. La flora de esta reserva pertenece a la provincia de la altiplanicie de la región xerofítica mexicana, esta vegetación se caracterizo por ser de zonas áridas y semiáridas, en la cuenca la precipitación media anual es inferior a los 700 mm. La comunidad vegetal que domina es conocida cómo matorral de palo loco *Pittocaudon (Senecio) praecox*. En ella crecen también otras especies de plantas como por ejemplo tepozanes (*Buddleja* spp.), tabaquillo (*Wigandia urens*), copales (*Bursera* spp.) y un gran número de especies herbáceas, muchas de ellas endémicas del Pedregal (Rzedowski, 1988). A principios de los años cincuenta, esta importante comunidad vegetal ocupaba algo más de 40 Km². Pero la urbanización de la zona la ha reducido en forma drástica y actualmente ocupa menos de 3 Km². Esta vegetación sobrevive fundamentalmente en los terrenos de la Universidad Nacional Autónoma de México en calidad de reserva ecológica. En zonas aledañas no cuenta con este estatus de protección.

MATERIAL Y MÉTODOS

TRABAJO DE CAMPO

Se colectaron 40 individuos (17 hembras preñadas, 16 hembras no preñadas y 7 machos) de *Sceloporus torquatus* durante los meses de mayo y junio de 2006 (temporada de no gestación) y febrero, marzo y abril de 2007 (periodo de gestación) en visitas de cinco días no consecutivos por mes. Las lagartijas fueron colectadas durante el horario de actividad aproximadamente de las 900 a las 1800 hrs. Se empleó una caña de pescar de 120 cm de longitud, con un nudo corredizo en la punta y algunos ejemplares fueron colectados directamente con la mano. Los sustratos donde se encontraron las lagartijas fueron rocas basálticas y albarradas formadas del mismo tipo de roca. Inmediatamente después de la colecta, se obtuvo la temperatura corporal (T_c), así como la temperatura del aire (T_a) con bulbo a la sombra dos centímetros por encima del sustrato donde se observó la lagartija por primera vez y por último la temperatura del sustrato (T_s) con un termómetro cloacal de lectura rápida Miller y Webber (precisión 0.1°C). Se utilizaron los datos de las lagartijas que se capturaron en menos de dos minutos para no alterar la temperatura corporal (T_c). Simultáneamente se registró la temperatura operativa (T_o) cada 30 minutos de 20 modelos de cobre huecos en la parte central, de 180mm de longitud y 50 g de peso, depositados en rocas y grietas expuestas directamente a la incidencia solar y bajo la sombra en sitios donde se observaron todas las conductas termorreguladoras.

EFICIENCIA DE LA TERMORREGULACIÓN

Para estimar la eficiencia termorreguladora se empleó el protocolo propuesto por Hertz *et al.*, 1993. Este método comprende tres variables a considerar: i) la temperatura operativa (T_o), definida como la temperatura de un objeto inanimado incapaz de un intercambio calórico con el ambiente, ii) la temperatura seleccionada (T_{sel}) que es el promedio de la temperatura de las lagartijas durante el periodo de actividad en condiciones controladas en un gradiente

térmico y iii) la temperatura corporal (T_c), que proporciona información de la temperatura durante un momento determinado dentro del periodo de actividad en campo. Este método está condicionado al uso de modelos del mismo tamaño y forma que el organismo evaluado. Los modelos más utilizados son de cobre ya que este metal es un buen conductor térmico que gana y pierde calor rápidamente, evidenciando las oportunidades de intercambio calórico que provee el ambiente (Porter, *et al.*, 1973; Bauwens, *et al.*, 1996; Christian, *et al.*, 1996 y Shine, 2001). Como resultado de este método se obtiene los siguientes parámetros:

1. db : este valor es definido como la precisión de la termorregulación de los ectotermos; proponiendo que valores cercanos a cero implican mayor precisión en la selección de temperaturas corporales.
2. de : indica la calidad térmica del ambiente expresada por la desviación entre las temperaturas seleccionadas en laboratorio y las temperaturas operativas, siendo la oportunidad de intercambio térmico con el ambiente de acuerdo a la selección de temperaturas y del mismo modo valores cercanos a cero indican altas oportunidades de intercambio térmico para los ectotermos.
3. E : se define como la eficiencia en la termorregulación, este índice resulta de restar a 1 el valor de db entre de . Los valores van de cero a uno, donde valores cercanos a uno indican que los ectotermos tienden a la termorregulación activa y valores cercanos a cero al termoconformismo.

TRABAJO DE LABORATORIO.

Las lagartijas capturadas fueron trasladadas al laboratorio y se mantuvieron a temperatura ambiental. Al siguiente día de su captura se colocaron a las 830 hrs para su aclimatación en el gradiente térmico, con medidas de 150 x 100 x 80 cm (largo ancho y alto) fabricado de madera, dividido en 10 carriles para evitar el contacto lagartijas e impedir que las conductas territoriales o reproductoras modificaran la termorregulación. El gradiente se mantuvo en un cuarto a temperatura constante (20°C). Para el extremo frío se empleó la

temperatura ambiental y el extremo caliente fue generado con focos de 150 watts colocados a distintas alturas hasta estandarizar un gradiente de 50° a 20°C. La temperatura se midió cada tres horas empleando un termómetro cloacal de lectura rápida Miller-Weber (precisión 0.1 °C), de las 1000 a las 1800 hrs. El intervalo de temperaturas preferidas (set-point range, ver Hertz *et al.*, 1993), se obtuvo con los intercuartiles centrales de los valores registrados entre el 25 a 75% de la distribución de los datos obtenidos en el gradiente. El climograma se elaboró con datos proporcionados por el INEGI (2007), utilizando las temperaturas promedio de cada mes durante el 2006.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para determinar si existían diferencias entre la temperatura corporal de campo (T_c), la temperatura seleccionada en laboratorio (T_{sel}), la precisión de la termorregulación (Δb) y la calidad térmica del ambiente (Δe) entre hembras preñadas, hembras no preñadas y machos se realizó un ANDEVA no paramétrico de Kruskal-Wallis. Posteriormente se realizó una prueba de correlaciones de Dunn para determinar en que condición ocurren las diferencias. La relación entre las T_c , T_a y T_s se obtuvo con un análisis de regresión múltiple. Se utilizó una prueba de Mann-Whitney para determinar las diferencias en la T_o de los meses de gestación y no gestación. Estos análisis se realizaron con el programa JMP versión 3.1.6.2 y Sigma Stat ver. 10.

RESULTADOS

ANÁLISIS DE DATOS DE CAMPO

Se encontraron diferencias significativas entre la T_c y la temperatura promedio del microclima (T_a y T_s) en los individuos colectados por sexo y condición de preñez y no preñez (Cuadro 1; $H = 9.098$, g. l. = 2, $P = 0.011$). Las diferencias ocurren entre machos y hembras preñadas (Diferencial de rango = 15.328, $Q = 2.993$, $P < 0.05$).

Sexos	T_c (°C)	T_a (°C)	T_s (°C)	N
Hembras preñadas	30.44 ± 0.2	28.78 ± 0.3	29.29 ± 0.3	17
Hembras no preñadas	31.24 ± 0.4	29.36 ± 0.37	30.90 ± 0.47	16
Machos	31.95 ± 1	30.32 ± 0.32	28.8 ± 1.3	7
Ambos sexos	31.03 ± 0.2	28.97 ± 0.2	30.97 ± 0.3	40

CUADRO 1. Se presenta el promedio de la temperatura corporal de actividad en campo: T_c , temperatura promedio del aire: T_a y temperatura promedio del sustrato: T_s (promedio \pm 1 error estándar) y el número de individuos colectados por sexo y condición fisiológica en la lagartija vivípara *Sceloporus torquatus*.

RELACIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL

El análisis de regresión múltiple entre la T_c , T_a y T_s arrojó una relación positiva entre las variables ($F_{2, 36} = 48.367$, $P < 0.0001$, $r^2 = 0.734$). Ambas variables presentan una relación positiva con la T_c (Figura 2).

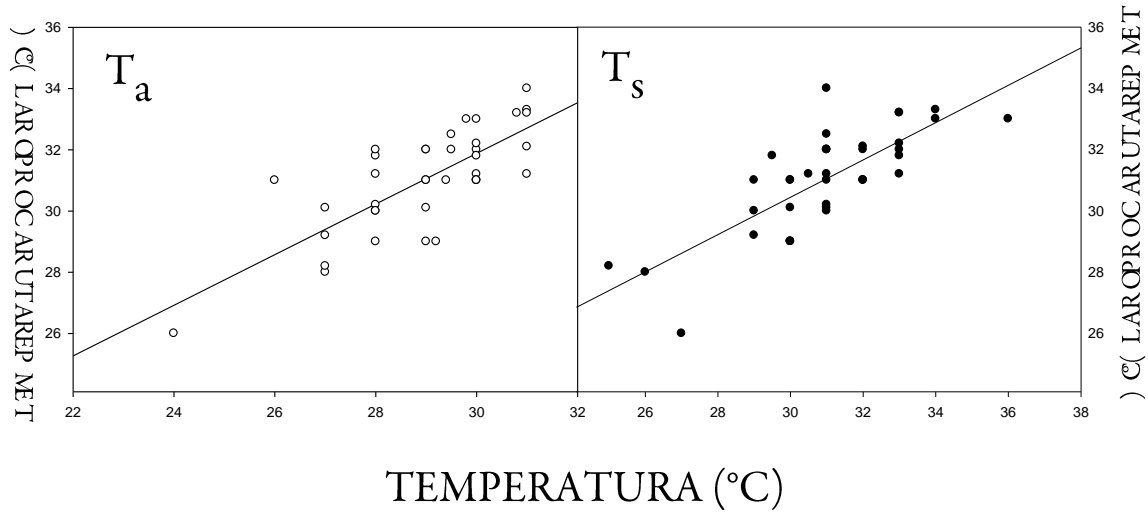


FIGURA 2. Se muestra la distribución de la T_a (temperatura del aire) y T_s (temperatura del sustrato) en relación a la T_c (temperatura corporal) de cada uno de los individuos colectados ($n = 38$). Se encontró una relación positiva ($r^2 = 0.734$, $P < 0.0001$) entre ambas variables.

ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LABORATORIO

Los datos promedio de la T_{set} y T_o , la precisión en la termorregulación (db), la calidad térmica del ambiente (de) y la eficiencia de la termorregulación (E) para cada condición fisiológica, en el caso de las hembras, así como para machos, se presentan en el cuadro 2. Se registraron diferencias significativas entre la T_{set} de cada condición ($H = 11.453$, g. l. = 2, $P = 0.003$). Estas ocurren entre hembras no preñadas y machos (Diferencial de rango = 123.99, $Q = 6.18$, $P < 0.05$).

Sexo	T_{set}		T_{sel}	T_o	Db	de	E	N
	Bajo	Alto						
Hembras preñadas	30.2	32	30.93 ± 0.12	34.19 ± 0.4	0.31 ± 0.1	7.57 ± 0.2	0.95	$n = 17$
Hembras no preñadas	30.5	33	31.56 ± 0.23	31.86 ± 0.4	0.42 ± 0.2	6.39 ± 0.2	0.93	$n = 15$
Machos	29	32	30.32 ± 0.32	32.99 ± 0.3	1.24 ± 0.3	6.62 ± 0.1	0.81	$n = 7$
Ambos sexos	30	32	31.9 ± 0.07	32.99 ± 0.3	0.52 ± 0.1	6.98 ± 0.1	0.92	$N = 39$

CUADRO 2. Intervalo de temperaturas seleccionadas con el 50% de los datos de los intercuartiles (set point range), T_{set} temperatura seleccionada promedio, T_o temperaturas operativas, db precisión de la termorregulación corporal, de indica la calidad térmica del ambiente y por último la E que nos indica la eficiencia de la termorregulación.

Se registraron diferencias significativas en la precisión de la termorregulación (db ; $H = 7.87$, g. l. = 2, $P = 0.01$), las diferencias ocurren entre machos y hembras no preñadas (Diferencial de rango = 13.452, $Q = 2.578$, $P < 0.05$), siendo mayor en hembras preñadas. En la calidad térmica del ambiente (de) se registraron diferencias significativas ($H = 11.487$, g. l. = 2, $P = 0.003$) entre hembras preñadas y hembras no preñadas (Diferencial de rango = 98.93, $Q = 2.793$, $P < 0.05$) y hembras preñadas y machos (Diferencial de rango = 98.27, $Q = 3.172$, $P < 0.05$), en ambos casos la calidad térmica del ambiente es menor para hembras preñadas.

Los datos obtenidos para la T_o de los modelos biofísicos, la T_c y la T_{sel} de ambos sexos se observa en la figura 1. La T_{set} se presenta tanto para la distribución de la T_c y T_o , el intervalo de temperaturas seleccionadas en laboratorio para la especie fue de 30 a 32°C. El porcentaje de observaciones de la T_o se obtuvo con una $n = 940$. Asimismo se observa que un 78% de los datos de la T_c se registra dentro del intervalo de la T_{set} .

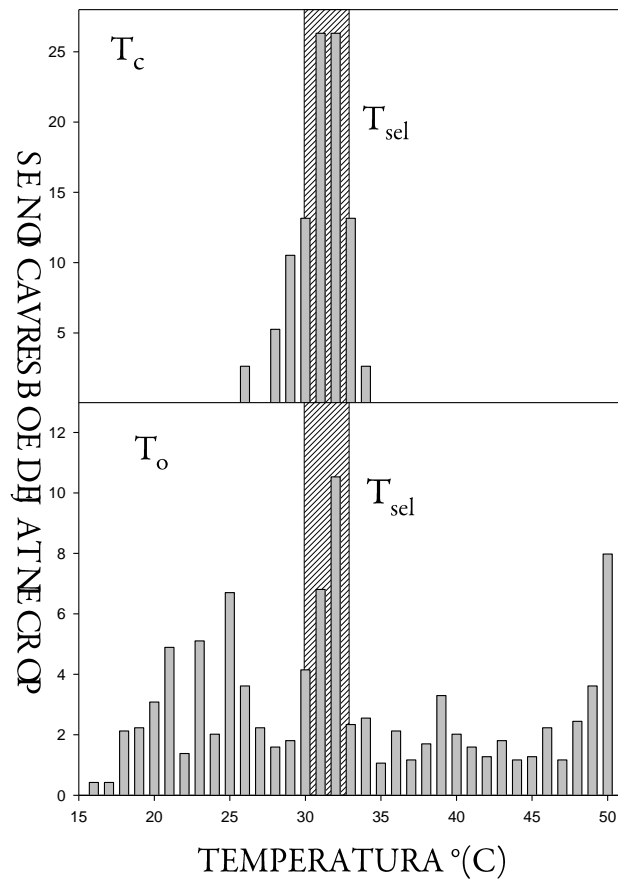


FIGURA 3. Frecuencia expresada en porcentaje, la T_c y la T_o presentada en barras. Los promedios de la T_c y de la T_o , se encuentran en el cuadro 2. El intervalo de la T_{sel} de la especie fue 30-32°C (barra a rayas.).

COMPARACIÓN DE LA T_o Y CLIMOGRAMA

La T_o promedio de los meses de gestación (enero, febrero y marzo) fue de 34.19 ± 0.4 ($n = 456$). Durante los meses de no gestación (mayo, junio, julio, octubre), se registra una T_o de 31.86 ± 0.4 ($n = 484$). Utilizando una prueba de Mann-Whitney se registraron diferencias significativas entre las T_o de ambas temporadas ($U = 228568.0, P < 0.001$).

La figura 3 presenta la temperatura promedio mensual de la zona sur de la ciudad de México a la cual pertenece el pedregal de San Ángel, con datos obtenidos de INEGI (2007). Se observó una diferencia de 5.1°C entre el mes más caliente (mayo = 18°C) y el más frío (enero = 12.9°C).

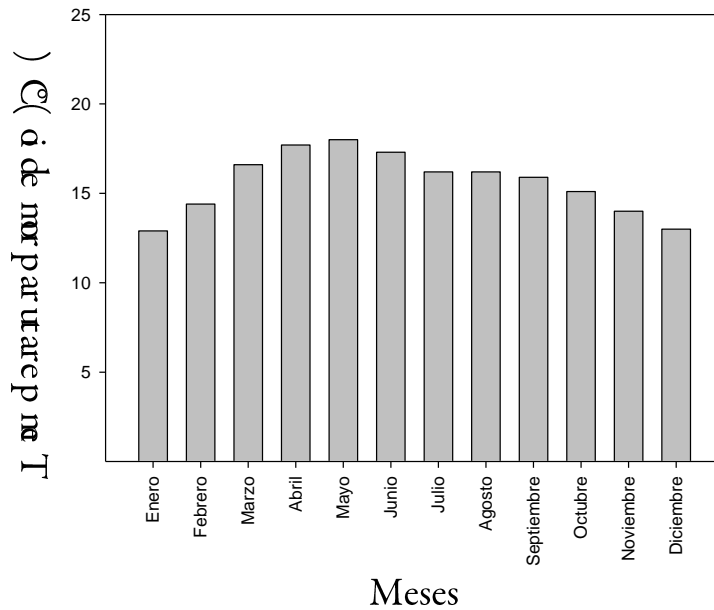


FIGURA 4. Datos tomados del INEGI 2007, se diseñó la gráfica con las temperaturas mensuales del sur de la ciudad México, con una diferencia de 5.1°C entre el mes más frío 12.9°C (Enero) y el mes más caliente 18.0°C (Mayo).

DISCUSIÓN

La temperatura corporal de campo y la temperatura seleccionada en laboratorio de *Sceloporus torquatus* del pedregal de San Ángel son similares a la registrada en diferentes lagartijas del género, siendo casi idénticas con otras especies como *S. grammicus* que habita alrededor de los 4400 msnm que exhibe una temperatura corporal de 31.2°C (Lemos-Espinal, *et al.*, 1995). Para especies del grupo *torquatus* la temperatura corporal registrada en otros estudios fue desde 25.4°C (*S. mucronatus*, altitud <3200 msnm; Lemos-Espinal, 1997a) hasta 35.3°C (*S. squamosus*, altitud de 800 msnm; Bogert, 1949). El conservadurismo en las preferencias térmicas del género es explicado por factores filogenéticos puesto que la cercanía en la temperatura corporal entre especies es independiente de las condiciones ambientales (Bogert, 1949; Andrews, 1998). Asimismo la similitud en la biología térmica se ha registrado en otras familias de Squamata, como Lacertidae (Van Damme *et al.*, 1987; Herczeg *et al.*, 2006) y Teiidae (Díaz *et al.* 2004).

Se ha registrado que a temperaturas corporales cercanas a 32°C, los procesos fisiológicos y metabólicos son óptimos expresados en una mayor eficiencia digestiva y la masa corporal aumenta considerablemente (Díaz, 1997; Díaz *et al.* 2004; Cooper, 2000). La temperatura corporal de campo y laboratorio de *S. torquatus* es cercana a 32°C, por lo que la preferencia por estas temperaturas puede explicarse por la optimización de procesos metabólicos no solo en esta especie sino en las preferencias térmicas del género evidenciado por el conservadurismo filogenético.

Las diferencias entre machos, hembras preñadas y no preñadas en la temperatura corporal de campo y laboratorio, podrían ser producto de la conducta desarrollada durante el periodo de actividad. En campo los machos dedican una parte considerable de tiempo a la defensa del territorio y durante la temporada reproductiva al cortejo, perchando en sitios directamente expuestos al sol y en confrontaciones con machos invasores (Bogert, 1949; Garrick, 1974; Woolgrich-Piña, *et al.* 2006). En laboratorio los machos presentaron una temperatura corporal menor que en campo, la diferencia en la selección de temperatura podría

deberse a que en el campo las actividades territoriales y de cortejo conllevan a temperaturas corporales altas.

Para *S. grammicus* se registró que puede utilizar estrategias como la tigmotermia y la heliotermia para alcanzar la temperatura óptima en campo, expresada en una relación positiva entre la temperatura del sustrato y del aire (Woolgrich-Piña, *et al.*, 2006). Igualmente *S. torquatus* del pedregal de San Ángel, puede emplear ambas estrategias para alcanzar las temperaturas corporales óptimas en campo, debido a la relación entre la temperatura corporal y la temperatura del microclima resultando en empleo de ambas estrategias para lograr alcanzar sus requerimientos térmicos.

La precisión en la termorregulación (Δb) de acuerdo al índice propuesto por Hertz *et al.* (1993), se incrementa en valores cercanos a cero encontrando un relación positiva entre la precisión y mayor eficiencia de la termorregulación (E). De acuerdo a nuestros resultados las hembras preñadas presentaron mayor precisión de la termorregulación que los machos, posiblemente este resultado se deba a una subestimación en el tamaño de muestra en machos. Sin embargo, la eficiencia en la termorregulación de las hembras preñadas es más alta que la de machos y hembras no preñadas, evidenciando una termorregulación activa (Hertz, *et al.*, 1993; Angilletta *et al.*, 2002; Stapley, 2006). La termorregulación activa implica una mayor precisión en la selección de temperaturas, de esta manera, los costos son mayores, por ejemplo aumenta el riesgo de depredación (Cooper, 2006; Díaz de la Vega-Pérez, 2006), mayor pérdida de agua por evaporación (Gutzke y Packard, 1987) y posibles efectos negativos en los embriones (Méndez-de la Cruz *et al.*, 1998). Sin embargo los beneficios se observan en el aumento en la asignación de energía a diversos aspectos como reproducción (Mathies y Andrews, 1997), escape de depredadores (Avery *et al.*, 1982) y digestión (Grant, 1990; Herczeg *et al.*, 2006). Además estos beneficios térmicos parecen reflejados en la posibilidad de alcanzar la madurez sexual antes de cumplir el primer año de vida debido a que la tasa digestiva aumenta con la temperatura así como el desarrollo gonadal (Guillette y Méndez-de la Cruz, 1993).

Las diferencias en la calidad térmica del ambiente (*de*) de las hembras preñadas podría ser producto de las temperaturas seleccionadas, puesto que este intervalo es más pequeño que en hembras no preñadas y machos. La calidad térmica del ambiente para hembras preñadas es menor por lo que la precisión y eficiencia en la termorregulación se incrementa (Hertz *et al.*, 1993; Meek, 2005) contrarrestando los efectos de la baja calidad térmica del ambiente. La temperatura operativa fue mayor durante la temporada de preñez, por lo tanto la menor calidad térmica esta relacionada con la preferencia por un intervalo más reducido en la selección de temperaturas en laboratorio a diferencia de hembras no preñadas (Herczeg *et al.*, 2002). La preñez parece propiciar una mayor precisión en la selección de temperaturas y no una reducción en la temperatura corporal como se ha planteado en otras especies de *Sceloporus*, por ejemplo en *S. jarrovi*, las hembras prefieren temperaturas más bajas durante la preñez (Mathies y Andrews, 1997).

En diversos estudios se han registrado diferencias en la selección de temperaturas entre hembras con diferente condición fisiológica reproductora, debido a una preferencia por temperaturas más bajas en hembras preñadas (Garrick, 1974; Beuchat, 1986; Smith y Ballinger, 1994; Mathies y Andrews, 1997). Sin embargo, en otras especies del género no se han registrado diferencias entre hembras preñadas y no preñadas debido a que las condiciones ambientales y ecológicas en la población no interfieren en la termorregulación (Gillis, 1991; Smith *et al.*, 1993; Lemos-Espinal, *et al.*, 1997b). En este estudio no registramos diferencias en los requerimientos térmicos de hembras preñadas y no preñadas en campo y laboratorio. Estos resultados sugieren que la condición de preñez no afecta el proceso de termorregulación bajo las condiciones ambientales de esta población. La selección de la temperatura en hembras con diferente condición fisiológica reproductora de *S. torquatus*, puede deberse a que la temperatura ambiental no varió considerablemente a lo largo del periodo de actividad. Es importante considerar que el ambiente ofreció diferentes microclimas que les permitieron mantener la temperatura corporal óptima que no afecta la sobrevivencia de los embriones (Méndez-de la Cruz *et al.*, 1998). Aparentemente el ambiente juega un papel importante moldeando las temperaturas corporales de hembras de diferentes especies. La evolución de la viviparidad en el

género *Sceloporus*, es asociada con beneficios térmicos durante la preñez principalmente. El origen del modo reproductor vivíparo, bajo la hipótesis del clima frío, sugiere una mayor abundancia de especies vivíparas en zonas de mayor latitud y altitud (Shine, 1985; Shine y Harlow, 1993). En ambientes de latitud mayor a 24°, se registra una marcada diferencia entre la temperatura ambiental promedio del mes más frío contra la del mes más caliente. Ocurre lo contrario para zonas tropicales inclusive en altitudes mayores a los 1500 msnm, la diferencia de la temperatura ambiental promedio entre el mes más frío y el mes más caliente no es significativa (Andrews, 1998). Las especies del grupo *torquatus* no han invadido zonas de mayor latitud a diferencia de otras especies de la familia como *Phrynosoma* (Méndez de la cruz, *et al.*, 1998) sin embargo su abundancia aumenta con la altitud.

Se ha propuesto que la gestación invernal podría ser resultado de una adaptación a ambientes de clima frío (Méndez-de la Cruz *et al.*, 1995), donde las hembras actúan como incubadoras para ofrecer temperaturas adecuadas para el desarrollo de la camada debido a que durante el invierno el ambiente no provee las suficientes oportunidades de intercambio térmico para alcanzar las temperaturas óptimas específicas (Vitt, 1974; Ruby, 1987; Mathies, *op cit*; Herczeg *et al.*, 2006). En la población de *S. torquatus* registramos que la temperatura operativa durante el invierno o temporada de preñez es mayor que primavera-verano o temporada de no preñez. Esta diferencia podría ser producto de la época de lluvias. En los días de verano, usualmente llueve durante el día siendo más común a partir de las 1700 hrs (promedio), esto conllevaría a que las lagartijas al iniciar su periodo de actividad, requieran de más tiempo en alcanzar la temperatura corporal óptima para el desarrollo de diversas actividades (*i.e.* alimentación, cortejo, desplazamiento, etc.) debido a la alta humedad en el ambiente. Sin embargo, pareciera que estas diferencias no disminuyen la oportunidad de intercambio calórico significativamente, por lo que este ambiente sea ideal para el surgimiento de la viviparidad, siendo que las temperaturas ambientales a esta altitud son más constantes que en zonas de mayor elevación (\approx 3000 msnm) o mayor latitud ($> 24^\circ$).

CONCLUSIONES

Por lo tanto, los requerimientos térmicos de *Sceloporus torquatus* en la población del Pedregal de San Ángel son cubiertos por la temperatura ambiental expresada en las oportunidades de intercambio térmico (T_0). La altitud a la que se encuentra la población estudiada juega un papel importante en las oportunidades de termorregulación, puesto que la calidad térmica del ambiente no fue una limitante para la termorregulación de estas lagartijas.

En esta población, la similitud en la temperatura corporal de campo y de laboratorio entre hembras preñadas y no preñadas podría deberse a una mayor precisión en la termorregulación de las hembras preñadas. La condición de preñez parece no ser una limitante en alcanzar las temperaturas óptimas y el ambiente ofrece suficientes oportunidades de intercambio térmico para que las lagartijas mantengan los requerimientos térmicos similares durante cada etapa.

LITERATURA CITADA

- Adolph, S. C. 1990. Influence of behavioral thermoregulation on microhabitat use by two *Sceloporus* lizards. *Ecology* 71, 315-327 pp.
- Andrews, R. M. and Rose, B. R. 1994. Evolution of viviparity: constraints on egg retention. *Physiological Zoology*. (67): 1006-1024 pp.
- Andrews, R. M., Méndez-de la Cruz, F. R. y Villagrán-Santa Cruz, M. 1997. Body temperatures of female *Sceloporus grammicus*: thermal stress or impaired mobility? *Copeia*. 108-115.
- Andrews, R. M. 1998. Geographic variation in the field body temperature of *Sceloporus* lizards. *Journal of Thermal Biology*. vol. 23(6): 329-334 pp.
- Angert, A. L., Hutchison, D., Glossip, D y Losos, B. J. 2002 Microhabitat Use and Thermal Biology of the Collared Lizard (*Crotaphytus collaris collaris*) and the Fence Lizard (*Sceloporus undulatus hyacinthinus*) in Missouri Glades Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Vol. 36 (1):23-29 pp.
- Angilletta, Jr. M. J., Hill, T. y Robson, M. A. 2002. Is physiological performance optimized by thermoregulatory behavior? A case study of the eastern fence lizard, *Sceloporus undulatus*. *Journal Thermal Biology*. 27:199–204.
- Avery R.A, Bedford J.D, Newcombe C.D. 1982. The role of thermoregulation in lizard biology: predatory efficiency in a temperate diurnal basker. *Behav Ecol Sociobiol* 11:262–267
- Bauwens, D., Hertz, P. E. y Castilla, A. M. 1996. Thermoregulation in a lacertid lizard: the relative contributions of distinct behavioral mechanisms. *Ecology* 77:1818–1830.
- Beuchat, C.A. 1986. Reproductive influences on the thermoregulatory behavior of a livebearing lizard. *Copeia*, 1986: 971–979.
- Bogert, C. M. 1949. Thermoregulation and eccentric body temperatures in Mexican lizards of the genus *Sceloporus*. *An. Inst. Biol. Mex.* 20, 415-426 pp.

- Castro-Franco, R. y Bustos, Z. M. G. 2003. Lagartijas de Morelos, México: Distribución, Hábitat y Conservación. *Acta Zoologica Mexicana*. 88: 123-142 pp.
- Christian, K. A. y Weavers, B. W. 1996. Thermoregulation of monitor lizards in Australia: an evaluation of methods in thermal biology. *Ecol Monogr* 66:139–157
- Cooper W. E. Jr. 2000. Effect of temperature on escape behaviour by an ectothermic vertebrate, the keeled earless lizard (*Holbrookia propinqua*). *Behavior*. 137: 1299-1315 pp.
- Díaz de la Vega-Pérez, H. A. 2006. Estrategias de antidepredación y desempeño locomotor de dos especies hermanas de *Sceloporus* con diferente modo reproductor. Tesis de Maestría. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 73 pp.
- Díaz, J. A. 1997. Ecological correlates of the thermal quality of an ectotherm's habitat: a comparison between two temperate lizard populations. *Functional Ecology*. 11: 79-89.
- Diaz 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.
- Garrick, L.D. 1974. Reproductive influences on behavioral thermoregulation in the lizard, *Sceloporus cyanogenys*. *Physiology and Behavior*, 12: 85–91.
- Garland T. Jr., R. B. Huey y A. F. Bennett. 1991. Phylogeny and coadaptation of thermal physiology in lizards: A reanalysis. *Evolution* 45: 1969-1975.
- Gillis, R. 1991. Thermal biology of two populations of red-chinned lizards (*Sceloporus undulatus erythrocheilus*) living in different habitats in southcentral Colorado (USA). *Journal of Herpetology* 25, 18±23.
- Grant, B. W. y Dunham, A. E. 1990. Elevational covariation in environmental constraints and life histories of the desert lizard *Sceloporus merriami*. *Ecology* 71, 1765-1776 pp.
- Grant, B. W. 1990. Trade-Offs in Activity Time and Physiological Performance for Thermoregulating Desert Lizards, *Sceloporus merriami* Bruce. *Ecology*, Vol. 71, (6): 2323-2333 pp.

- Guillelte, J. L. Jr., Jones, R. E, Fitzgerald, K. T. y Smith, H. M. 1980. Evolution of viviparity in the lizards genus *Sceloporus*. *Herpetologica*. 36: 201-215 pp.
- Guillelte, J. L. Jr. 1982. The evolution of viviparity and placentation in the high elevation, Mexican lizards *Sceloporus aeneus*. *Herpetologica*. 38: 94-103 pp.
- Guillelte, J. L. Jr. y Méndez-de la Cruz, F. R. 1993. The reproductive cycle of the viviparous Mexican lizard *Sceloporus torquatus*. *Journal of Herpetology*. 27: 168-174 pp.
- Gutzke, W.H.N. y Packard, G.C. 1987. Influence of the hydric and thermal environments on eggs and hatchlings of bull snakes *Pituophis melanoleucus*. *Physiological Zoology* 60:9-17.
- Herczeg G. Gonda, A. Saarikivi, J y Merilä J. 2006. Experimental support for the cost–benefit model of lizard thermoregulation. *Behavior Ecology Sociobiology* 60: 405–414.
- Hertz, P.E., Huey, R.B. y Stevenson, R.D. 1993 Evaluating temperature regulation by field-active ectotherms: The fallacy of the inappropriate question. *American Naturalist* 142,798-818.
- Huey R. B. y A. F. Bennett. 1987. Phylogenetic studies of coadaptation: Preferred temperatures versus optimal performance temperatures of lizards. *Evolution* 41: 1098-1115
- INEGI, 2007: http://www.inegi.gob.mx/lib/c15_01.
- Kerr G. D. & C. M. Bull. 2004. Microhabitat use by the scincid lizard *Tiliqua rugosa*: Exploiting natural temperature gradients beneath plant canopies. *Journal of Herpetology* 38:536-545.
- Lemos-Espinal J. A., R. E. Ballinger y J. M. Javelly-Gurría. 1993. Observations on the sensitivity to high temperatures in two lizard species (*Ameiva undulata* and *Sceloporus horridus*) from Zacatepec, Morelos, Mexico. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* 29: 24-29.
- 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, Mexico. *Canadian Journal of Zoology* 73: 2184-2191.

- Lemos-Espinal J. A., Smith, G. R. y Ballinger, R. E. 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., Ballinger, R. E., Sanoja-Sarabia, S. y Smith, G. R. 1997b. Thermal ecology of the lizard *Sceloporus mucronatus mucronatus* in Sierra del Ajusco, Mexico. *Southwestern Naturalist* 42: 344-347 pp.
- McGinnis, S. M. (1966) *Sceloporus occidentalis*: preferred body temperature of the western fence lizard. *Science*. (152):1090-1091 pp.
- Martínez-Méndez y Méndez-de la Cruz, 2007. Molecular phylogeny of the *Sceloporus torquatus* species-group (Squamata: Phrynosomatidae). *Zootaxa* 1609: 53–68.
- Mathies, T. y Andrews, M. R. 1997. Influence of pregnancy on the thermal biology of the lizard, *Sceloporus jarrovi*: why do pregnant females exhibit low body temperatures? *Functional Ecology*. (11): 498-507 pp.
- Méndez de la Cruz, F. R., Guillette, J. L. Jr., Villagrán-SantaCruz, M. y Casas-Andreu, G. 1988. Reproductive and fat body cycle of the viviparous lizard *Sceloporus mucronatus*. *Journal of Herpetology*. 22:1-12 pp.
- Méndez-de la Cruz, F. R., Sánchez-Trejo, R. y Cuellar, O. 1995. Reproductive differences between sympatric oviparous and viviparous Mexican spiny lizards. *Biogeographica* 71: 61-67 pp.
- Méndez-de la Cruz, F. R., Villagrán-Santa Cruz, M. and Andrews, R. M. 1998. Evolution of viviparity in the lizard genus *Sceloporus*. *Herpetologica* 54(4): 521-532 pp.
- Muth, A. 1980. Physiological ecology of desert iguana (*Dipsosaurus dorsalis*) eggs: Temperature and water relations. *Ecology* 61:1335-1343.
- Porter, W. P., Mitchell, J. W. Beckman, W. A. y DeWitt, C. B. 1973. Behavioral implications of mechanistic ecology: thermal and behavioral modeling of desert ectotherms and their microenvironment. *Oecologia*. 13: 1-54.

- Qualls, C. R., Shine, J. L. Donnellan, S. y Hutchinson, M. 1995. The evolution of viviparity within the Australian scincid lizard *Lerista bougainvilli*. *Journal of Zoology*. 237: 13-26 pp.
- Ruby, D. E., and A. E. Dunham. 1987. Variation in home range size along an elevational gradient in the iguanid lizard *Sceloporus merriami*. *Oecologia* 71:473-480.
- Rzedowski, J. 1988. *Vegetación de México*. México: Limusa. 432 pp.
- Sarinda-Singh, A., Smyth, K., Simon, y Blomberg. P. 2002. Thermal ecology and structural habitat use of two sympatric lizards (*Carlia vivax* and *Lygisaurus foliorum*) in subtropical Australia *Austral Ecology* 27 (6), 616–623.
- Shine, R. y Bull, J. J. 1979. The evolution of live-bearing in lizards and snakes. *American Naturalist* 113: 905-923 pp.
- Shine, R. 1985. The evolution of viviparity in reptiles: an ecological analysis. Pp 605-694. *In* Gans, C. y Billet, F. (Eds). *Biology of the Reptilia*, vol. 15. Academic Press, New York, USA.
- Shine, R. y Harlow, P. 1993. Maternal thermoregulation influences offspring viability in a viviparous lizard. *Oecologia*. 96: 122–127.
- Shine, R. y Kearney, M. 2001. Field studies of reptile thermoregulation: how well do physical models predict operative temperatures? *Functional Ecology* 15:282–288 pp.
- Smith, H. M. 1939 The Mexican and Central American lizards of the genus *Sceloporus*. *Field Museum of Natural History, Publications in Zoology Series*. 26: 1–397pp.
- Smith, G. R., Ballinger, R. E. y Congdon, J. D. 1993. Thermal ecology of the high-altitude bunch grass lizard, *Sceloporus scalaris*. *Canadian Journal of Zoology*. 71: 2152–2155.
- Smith G. R. y R. E. Ballinger. 1994. Temperature relationships in the high-altitude viviparous lizard, *Sceloporus jarrovi*. *American Midland Naturalist* 131: 181-189 pp.
- Stapley, J. 2006. Individual variation in preferred body temperature covaries with social behaviours and colour in male lizards. *Journal of Thermal Biology*. 31:362–369 pp.

- Van Damme, R., Bauwens, D. y Verheyen R. F. 1987. Thermoregulatory responses to environmental seasonality by the lizard *Lacerta vivipara*. *Herpetologica* 43: 405–415 pp.
- Vinegar, A. 1974. Evolutionary implications of temperature induced anomalies of development in snake embryos. *Herpetologica* 30:72-74 pp.
- Vitt, L.J. 1974. Body temperatures of high latitude reptiles. *Copeia*. 255-256 pp.
- Weins, J. J. y Reeder, W. T. 1997. Phylogeny of the spiny lizards (*Sceloporus*) based on molecular and morphological evidence. *Herpetological Monographs* 11: 1-101 pp.
- Woolrich-Piña G, Lemos-Espinal, J. A., Oliver-López, M. E., Calderón Méndez1, J. E. González-Espinoza, L. Correa-Sánchez, F. y Montoya-Ayala, R. 2006. Ecología térmica de una población de la lagartija *Sceloporus grammicus* (Iguanidae: Phrynosomatinae) que ocurre en la zona centro-oriente de la ciudad de México. *Acta zoológica mexicana*. 22(2): 137-150 pp.