UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

ECOLOGÍA TÉRMICA DE UNA POBLACIÓN DE *Sceloporus torquatus* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE) EN EL MUNICIPIO DE TEPOTZOTLÁN, ESTADO DE MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGIA

P R E S E N T A

ESTEFANY ANNEL VALDESPINO PARRA

Director de Tesis: Dr. Fausto Roberto Méndez de la Cruz

EDO. DE MÉXICO 2013

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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

Primero que nada a la FES Iztacala y al Instituto de Biología, UNAM.

A mi director de tesis, el Doctor Fausto Roberto Méndez de la Cruz, por su gran ayuda para elaborar mi proyecto de tesis, por siempre recibirme con los brazos abiertos y brindarme de la manera posible un lugar en su laboratorio y su agenda.

A los miembros del comité tutorial: M. en C. Tizoc Adrián Altamirano Álvarez, Biol. Raúl Rivera Velázquez, M. en C. Sandra Fabiola Arias Balderas y M. en C. Rodolfo García Collazo, por sus comentarios, aportaciones y disponibilidad, muchas gracias.

A PAPIIT 215011-3 por proporcionar parte del apoyo financiero al presente estudio.

Al Maestro Saúl López por auxiliarme. Su ayuda fue un gran avance para mi entendimiento sobre el tema.

Al profesor Cisneros por su orientación en estadística.

AGRADECIMIENTOS

Al Biol. Víctor Jiménez, por su incondicional amistad, ayuda y asesoría a lo largo de todos estos años.

A la Biol. Berenice Jiménez, por ser parte del trabajo de campo para el presente estudio, ser parte de mi vida y siempre permanecer a mi lado durante toda la carrera y más, sin importar lo que suceda.

Al Biol. Arturo Ambrosio, por ser parte del trabajo de campo, por tenerme de la mano siempre que lo necesito.

A Javier Jurado, por su ayuda con traducciones y darme su apoyo siempre que lo he necesitado.

A mi familia y amigos, por siempre mostrarme su apoyo, buena vibra y positivismo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia por lo importante que es para mí y la satisfacción de demostrarles hasta donde he llegado. A mi papá, por siempre darme apoyo de principio a fin y tener infinito amor, sabiduría y calma para esperar lo mejor de mí. A mi hermana Dani por su amistad y entendimiento en las buenas y en las malas. A mis dos mamás Silvias por su inmenso amor, apoyo y preocupación que me han brindado dándome siempre la seguridad de hacer lo correcto y seguir hasta el final, a pesar de la distancia. A mis tíos Ramiro, Luis y Luz Estela por permanecer al pendiente de mi desarrollo personal y profesional. A César Mateos, por ser quien es. A todas las personas que me han ayudado a continuar por este camino.

A la Biol. Estefany Valdespino, por su gran valentía, fuerza e inteligencia para continuar adelante, levantándose una y otra vez creyendo siempre en ella misma y ahora pudiéndose ver con una nueva meta cumplida de la cual estar orgullosa. Pudiste lograrlo.

INDICE

RESUMEN..... 5

ABSTRACT..... 6

INTRODUCCIÓN..... 7

ANTECEDENTES..... 12

OBJETIVOS..... 17

General..... 17

Específicos..... 17

MATERIAL Y MÉTODOS..... 18

Descripción de la especie..... 18

Área de estudio..... 20

Trabajo de campo..... 24

Trabajo de laboratorio..... 25

RESULTADOS..... 29

DISCUSIÓN..... 36

CONCUSIONES..... 44

LITERATURA CITADA..... 45

ANEXO..... 53

RESUMEN

Los reptiles son organismos ectotermos y las temperaturas ambientales pueden ser limitantes para alcanzar los requerimientos ideales para termorregular de manera efectiva, lo cual es una de las prioridades principales para ellos. Cuando nos encontramos con ambientes de calidad térmica baja, los diversos comportamientos termorreguladores son fundamentales para compensar las fluctuantes temperaturas ambientales y mantener una temperatura corporal constante e ideal para los procesos fisiológicos. En el presente trabajo fueron analizados los requerimientos y eficiencia térmica de una población de lagartijas *Sceloporus torquatus* en los alrededores de la Presa la Concepción en el municipio de Tepotzotlán, Estado de México durante la época reproductiva de octubre 2010 a mayo 2011, encontrando como resultados una muy baja calidad térmica ambiental (d_e = 11.5) con limitación térmica de más del 80% de temperaturas durante el horario de actividad, las cuales se encontraban por debajo de las ideales para la población (T_{set} = 32.25-35.7 °C). Pero los individuos mostraron alta efectividad termorreguladora (E= 0.91). Además se reportó una disminución de la actividad a partir del mes de febrero, y nacimiento de crías a finales de abril y principios de mayo, como en estudios anteriores se había documentado.

Palabras Clave: *Sceloporus torquatus*, Termorregulación, Protocolo de Hertz, Eficiencia térmica, Gradiente térmico.

ABSTRACT

Reptiles are ectotherms organisms and environmental temperatures may be limiting for to achieve the ideal requirements for thermoregulate effectively, which is a top priority for them. When we find low thermal quality environments, the different thermoregulatory behaviors are essential to compensate the fluctuating temperatures and maintain a constant and ideal body temperature for physiological processes. In this study were analyzed the requirements and thermal efficiency of a population of lizards *Sceloporus torquatus* around of Concepcion Dam in Tepotzotlán, Mexico State during breeding season of October 2010 to May 2011, finding as result a very low environmental thermal quality (d_e = 11.5) with thermal limiting over 80% of temperatures during activity hours, which are below the ideal for the population (T_{set} = 32.25-35.7 °C). But individuals showed highly effective thermoregulatory (E = 0.91). Also was reported a drastic decrease in the activity of organisms from February and litters born in late April and early May, as previous studies had documented.

Keywords: *Sceloporus torquatus*, Thermoregulation, Hertz Protocol, Thermal Efficiency, Thermal gradient.

INTRODUCCIÓN

Los estudios de ecología térmica y los análisis de termorregulación han sido importantes para el entendimiento de diversos temas relacionados con la ecología, fisiología, conducta y evolución de los organismos ectotérmicos como los reptiles (Avery, 1979; Hertz et al., 1993; Angilletta et al., 2002; Díaz de la Vega, 2006; Herczeg et al., 2006; Woolrich et al., 2006). Éstos presentan conductas termorreguladoras para obtener un óptimo desarrollo de sus actividades y procesos metabólicos, manteniendo su temperatura corporal dentro de ciertos intervalos que varían durante sus ciclos de actividad, ya sea por las características del hábitat, micro hábitat, la época del año o su modo y condición reproductora (López, 2005).

El entendimiento comprensivo de dicho comportamiento requiere del conocimiento de a)Intervalo de temperatura seleccionada (T_{set}) que identifica el intervalo de Temperatura corporal (T_b) que el ectotermo prefiere en ausencia de las limitaciones ambientales que influyen sobre la regulación de su temperatura (Bauwens, 1996) y es observada en condiciones controladas en el laboratorio, b)La distribución de la temperatura operativa (T_o) disponible, que es a la cual

está expuesto un ectotermo que no realizaría ninguna actividad termorreguladora en su propio hábitat (Díaz, 1997) y se obtiene a partir de la utilización de un modelo nulo que representa un hipotético termoconformista o no termorregulador (Hertz, 1993) y c)La T_b activa de la población del ectotermo en la naturaleza. Todo esto representa el producto final de la regulación o conformación térmica (Hertz, et al., 1993).

Algunos autores (Hertz, et al., 1993) han establecido un protocolo utilizando los conceptos anteriores para analizar la termorregulación por comparación de los mismos. Este enfoque nos permite determinar la precisión en la termorregulación (d_b, que es el grado en que corresponde la T_b a la T_{set}, es decir, la desviación entre ellas) y la eficiencia termorreguladora (E, el grado en que la T_b está más cercana a la T_{set} que a la T_o) (Bauwens, 1996).

Por lo tanto, las temperaturas ambientales pueden ser limitantes para alcanzar los requerimientos térmicos reduciendo la eficiencia termorreguladora (E), la cual es definida como la capacidad de un ectotermo para alcanzar la temperatura preferida en las condiciones ambientales en las

que habita (Hertz, et al., 1993; Lemos-Espinal et al., 1997; Andrews, 1998).

La termorregulación tiene gran importancia para la mayoría de los aspectos biológicos de los reptiles, debido a su condición de ectotermos, ya que obtienen el calor corporal a través de su ambiente, principalmente por radiación solar. Muchos reptiles pueden lograr de manera efectiva la regulación de su T_b gracias al comportamiento termorregulador que permite mantenerla relativamente constante y por encima o debajo de la que les provee el ambiente, así pueden compensar temperaturas extremas y favorecer los procesos fisiológicos (Lara, 2008).

Algunas de las estrategias principales para la obtención de calor en los reptiles que podemos encontrar consisten en seleccionar diferentes micro hábitats y sustratos, así como la orientación con respecto al sol, postura y movimientos del cuerpo y la duración de los periodos de actividad. Esto permite aprovechar y manipular esa energía para poder realizar sus procesos biológicos tales como la alimentación, desarrollo y reproducción (Tosini, 1992).

Cuando un ectotermo cuenta con un hábitat heterogéneo termal puede tener un control más preciso en la selección de la T_b adecuada para desempeñar eficientemente sus procesos fisiológicos (López, 2005), además de fungir como un posible amortiguador de aclimatación o adaptación a las temperaturas del ambiente sobre su biología térmica (Gvozdik y Castilla, 2001). De modo que si el hábitat presenta una amplia heterogeneidad térmica, el desempeño termorregulador de las lagartijas podría esperarse alto.

Varias especies de reptiles del grupo *Sceloporus* son utilizadas como modelos para los estudios sobre ecología. El estudio específico del lacertilio *S. torquatus* desde la perspectiva del individuo y la precisión de éste para mantener su T_b dentro de los intervalos de temperatura preferida ha tenido aportaciones científicas (Jiménez, 2007; López, 2005) y el presente trabajo se enfoca en una población de esta especie como aportación a los mismos, en una nueva zona de estudio.

Específicamente las temporadas reproductivas de los ectotermos presentan importancia ya que es un punto crucial en la preservación de la población. Las hembras preñadas pueden tener mayor vulnerabilidad a la predación por la

disminución de la locomoción, entonces presentan periodos más cortos de actividad (Bauwens, 1981) por lo que no aprovechan del todo los factores ambientales para termorregular eficientemente (Andrews, 1998; Guillette, 1982). Además es importante que los embriones mantengan temperaturas no más allá de cierto límite para desarrollarse correctamente (Sinervo, 2010), por lo que tiene gran peso el analizar la restricción térmica ambiental para la población, es decir cuando el ambiente presenta temperaturas más elevadas de lo que ellas prefieren teniendo como consecuencia el impedimento del desempeño de una actividad normal. En el caso del grupo *Sceloporus* es necesario que cuenten con por lo menos alrededor de cuatro horas de actividad diaria o de lo contrario se verá mermada la población (Sinervo 2010).

La temporada reproductiva de *S. torquatus* comienza en el mes de octubre cuando los machos presentan mayor desarrollo testicular y se efectúan los apareamientos. Es una especie con ciclo reproductor asincrónico por lo que la fecundación se da a finales de noviembre aproximadamente (Martínez, 2009), con una gestación de alrededor de cinco meses, por lo que los partos son presenciados a finales de

abril y principios de mayo siendo camadas de tres a cuatro individuos (Ortiz, et al. 2001).

Por lo dicho anteriormente es que el presente trabajo tuvo por objetivo estudiar el comportamiento termorregulador de una población de *S. torquatus* durante la temporada reproductiva.

ANTECEDENTES

El Protocolo de Hertz, et al. (1993) tiene gran importancia y es una de las bases para este tipo de trabajos. Fue descrito con el fin de evaluar la regulación de la temperatura a partir de los datos sobre animales ectotérmicos. El protocolo requiere datos de T_b de los individuos activos en campo, T_o y T_{set}. Esto para estimar índices cuantitativos que suman el valor de la regulación de la temperatura: La "precisión" de la regulación de la temperatura corporal (d_b), la relativa temperatura del intervalo set-point (T_{set}), y "la eficiencia" de la termorregulación (E). El protocolo demostró su utilidad con un análisis de la biología térmica de Anolis en Puerto Rico.

Algunos autores han trabajado con la ecología térmica de varias especies de lagartijas del grupo *Sceloporus*, por ejemplo Adolph (1990), que estudió la relación entre el uso de micro hábitat y la termorregulación conductual en *S. occidentalis y S. graciosus* a lo largo de un gradiente altitudinal de 1300 m en las montañas de San Gabriel, California, encontrando que la T_b de las lagartijas activas varió poco con la altitud y que ambas especies compensan el comportamiento de la variación en ambientes térmicos mediante cambios en la frecuencia de asoleo y uso del micro hábitat.

En 1997 Lemos-Espinal et al., estudiaron la ecología térmica de la lagartija *Sceloporus gadoviae,* en Guerrero, México. En este estudio el promedio de la T_b fue de 35.9 ± 0.12 °C, las cuales se encuentran entre las más altas registradas en campo para el género *Sceloporus*. La T_b se relacionó significativamente con la temperatura del aire (T_a), y con la temperatura del sustrato (T_s). Los machos y las hembras no tuvieron diferencias en su T_b, pero la temperatura del aire y del sustrato en los sitios en donde fueron capturados sí difirió, lo que sugiere que pueden usar diferentes tácticas de termorregulación. La T_b de las hembras grávidas no fue diferente a la de las hembras no grávidas. Las T_b variaron a lo

largo del año a pesar de que la del sustrato (T_s) y la del aire (T_a) casi no lo hicieron. Durante la estación de secas los individuos tenían temperaturas corporales promedio más altas que durante la estación de lluvias.

Andrews et al. (1999), evaluaron la biología térmica de las lagartijas mexicanas *Sceloporus aeneus y Sceloporus bicanthalis* en dos localidades del Distrito Federal (Milpalta y el Ajusco) y tres del Estado de México (Parque Nacional Zoquiapan, Paso de Cortez y el Nevado de Toluca). Obteniendo que el promedio de las temperaturas corporales elegidas de *S. aeneus y S. bicanthalis* fue de 35.5 y 34.9 °C respectivamente. Para ninguna de las especies la selección de la T_b varió en función del sexo o el estado reproductivo de las hembras. Ambas especies fueron activas a temperaturas corporales más bajas que su temperatura corporal preferida.

Woolrich-Piña et al., en 2006, estudiaron la ecología térmica de la lagartija *Sceloporus grammicus* que habita en la región central de la Ciudad de México. Encontrando que la T_b promedio para estos organismos fue de 31.43 ± 0.1 °C, siendo ésta positiva y significativamente correlacionada con la T_a y con la T_s donde se encontraban. Observó diferencias significativas entre la T_b de machos y hembras, así como en la

T_b presentada entre hembras preñadas y no preñadas, sugiriendo que *S. grammicus* presenta tendencia hacia la termorregulación activa y que el estadío reproductivo de las hembras puede influir su estrategia termorreguladora.

Lara en el 2008, comparó los requerimientos térmicos y evaluó la eficiencia de la termorregulación de las especies hermanas *Sceloporus aeneus y S. bicanthalis* con diferente modo reproductor al límite de su distribución altitudinal en el estado de México y analizó el nicho ecológico y la distribución potencial de ambas especies. Resultando ser eficientes termorreguladoras en altas elevaciones, compensando por medio del comportamiento termorregulador la baja calidad térmica de las fluctuantes y adversas temperaturas ambientales; los requerimientos térmicos de ambas especies fueron similares.

De la misma manera, se han hecho algunos trabajos con *S. torquatus* (Smith, 1938) como objeto de estudio, aunque escasos son los que le dan un enfoque hacia la ecología térmica de estos organismos, por ejemplo López, que en el 2005 trabajó con la biología térmica y desempeño locomotor de tres especies de *S. torquatus*, obteniendo que la calidad térmica del ambiente ofrece condiciones diferentes a cada

especie. Las especies vivíparas del grupo han conseguido habitar en zonas de clima cálido mediante dos estrategias distintas; *S. serrifer* emplea comportamiento termorregulador para compensar las deficiencias de su ambiente, y *S. macdougalli* es termoconformista porque las temperaturas ambientales no tienen efectos negativos sobre el desarrollo intrauterino de su descendencia.

Gracias a este tipo de trabajos se puede conocer y prever acerca de la ecología de las especies ectotermas ante la situación del estrés ambiental. El sitio en donde los reptiles habitan es siempre relacionado con la dependencia térmica, sin embargo pueden sobrevivir en condiciones de temperaturas adversas por medio de adaptaciones morfofisiológicas y de conducta, por lo tanto, es importante estudiar la regulación de la temperatura de los reptiles (Lara, 2008).

OBJETIVOS

General

Determinar y analizar los requerimientos y eficiencia térmica de *Sceloporus torquatus* de una población del Municipio de Tepotzotlán, Estado de México durante la época de reproducción.

Específicos

Determinar el intervalo de temperaturas seleccionadas por la población de estudio en un gradiente térmico controlado.

Determinar la calidad térmica del hábitat de interés.

Conocer la precisión y la eficiencia de la termorregulación de la población de estudio.

Determinar las horas de restricción o limitación térmica del sitio de estudio para la población de *S. torquatus*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción de la especie

S. torquatus torquatus es una lagartija que habita en el Estado de México y D.F. (Martínez y Méndez, 2007). Es una especie vivípara, que se reproduce durante el invierno y pare a finales de abril y principios de mayo (Guillette, 1982; Guillette y Méndez, 1993; Ortiz et. al., 2001).

Es una lagartija de aproximadamente 87.3 ± 8.0 mm de longitud hocico-cloaca y 180 ± 20.3 mm de longitud total. La coloración dorsal en las hembras es rosado a gris claro con vientre crema y en machos el dorso es verde claro con escamas mucronadas (Smith, 1939), presentando algunas veces diferentes coloraciones (Wiens et al. en 1999 propone que la divergencia en el color es posiblemente el resultado de la selección sexual y las características del hábitat) y en la parte ventral de laterales y garganta muestran una coloración azul en diferentes intensidades según el macho, siendo mucho más notoria en la época reproductiva (Vercken, 2007; Ramírez, 2009). Presentan un collar nucal oscuro de no más de cuatro escamas de grosor bordeado por una hilera de escamas claras (Jiménez-Arcos, 2007).

Muestra una amplia separación entre las costillas, piel granular entre las escamas y estas últimas son marcadamente diferentes en tamaño entre las dorsales, ventrales y laterales; las nucales y dorsales no se encuentran bien diferenciadas entre sí (Smith, 1938; 1939; Wiens y Reeder, 1997).

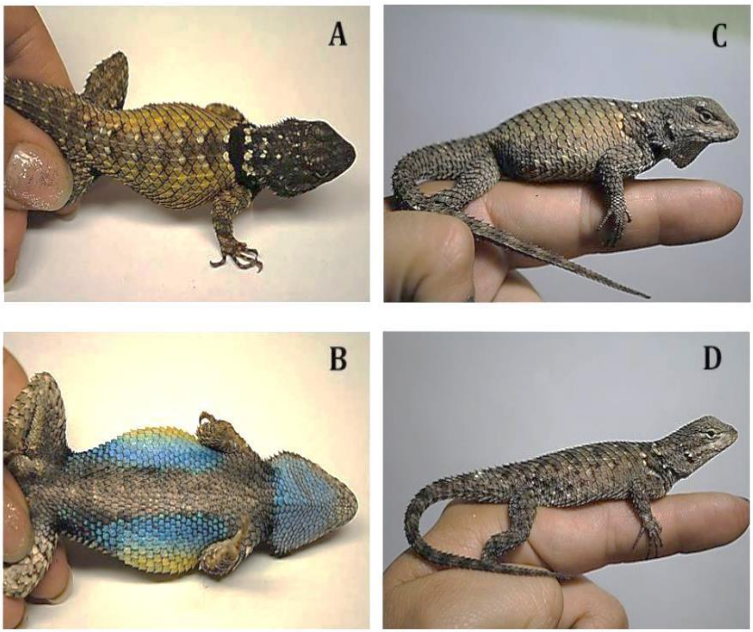


Fig. 1 *Sceloporus torquatus*. A) Macho, vista dorsal. B) Macho, vista ventral. C y D) Hembras, vista lateral.

S. torquatus puede considerarse herbívoro oportunista, ya que la mayor parte de su vida la dieta es basada en artrópodos, en general insectos, pero mientras más disponibilidad vegetal haya en el sitio, aumenta la posibilidad del consumo de plantas. De la misma manera este también aumenta conforme los organismos se acercan a la edad adulta (Guillette, 1993).

Área de estudio

Corresponde a un área de pedrería y los alrededores de la Presa La Concepción en el municipio de Tepotzotlán, a la altura del Km 13 de la Carretera Tepotzotlán-Villa del Carbón, Latitud: 19°48'35" N, Longitud: 99°18'06" W a una altura de 2,360 msnm (SMN, 2000). Este municipio se encuentra ubicado al oriente de la cuenca lacustre que está situada en la Provincia del Eje Neovolcánico (Figura 2) que cruza a la República Mexicana y presenta diferentes altitudes, mismas que van desde los 2,250 msnm en las partes planas hasta los 2,950 msnm en las partes más altas y que corresponde al pico La Palma y al cerro Tres Cabezas (INEGI, 2000).

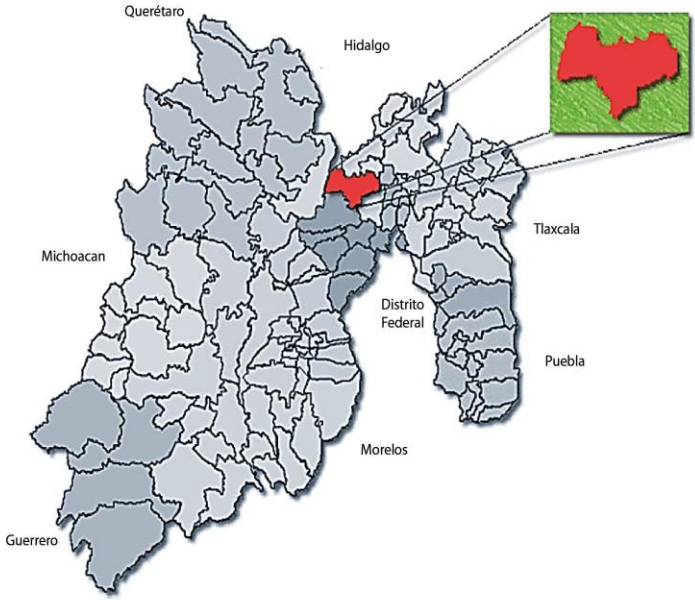


Fig. 2 Mapa del Municipio de Tepotzotlán dentro del territorio del Estado de México. (Secretaria del Medio Ambiente, 2012).

El clima que predomina en la zona de estudio es templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (INEGI Prontuario, 2005) y heladas en invierno, siendo la temperatura media anual de 15.2°C, máxima mensual de 31.3°C y mínima normal de 2.9°C y precipitación total anual de 665.3 mm (SMN, 1971-2000) (Figura 3).

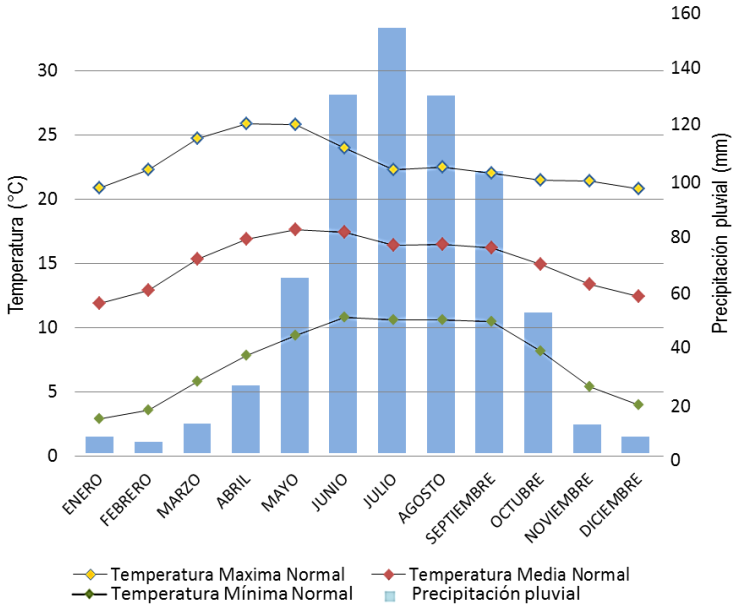


Fig. 3 Distribución de la temperatura y precipitación pluvial de la Estación Meteorológica Presa la Concepción, Tepotzotlán (SMN, 1971-2000).

El agua de la presa "La Concepción" o La "Concha" irriga los suelos de los poblados de Santiago Cuautlalpan, San Mateo Xóloc, Santa Cruz, Tepotzotlán, y parte de los suelos de Cuautitlán Izcalli (INEGI, 2000).

La vegetación dominante en la zona de estudio es el Matorral Xerófilo de *Opuntia, Zaluzania* y *Mimosa*, así como pastizales de *Hilaria cenchroides*. Este matorral tiene como especies

dominantes a los nopales los cuales pertenecen al género *Opuntia* y entre las especies principales se encuentran las siguientes: *Opuntia streptacantha, O. cantabrigiensis, O. sarca, O. lindheimeri, O. incarnadilla, O. cantabrigiensis y Opuntia tomentosa*; éste tipo de vegetación es un matorral espinoso, abierto de 1 a 3 m de alto (Figura 4). Dentro del Municipio la vegetación ha disminuido notablemente debido a la expansión de la mancha urbana, al grado de que en la actualidad sólo se encuentran pocos tipos de vegetación, como plantas que se desarrollan en los alrededores de las viviendas, a orillas de las vías de comunicación, zanjas, cortes de montañas y terrenos baldíos (INEGI Prontuario, 2009).

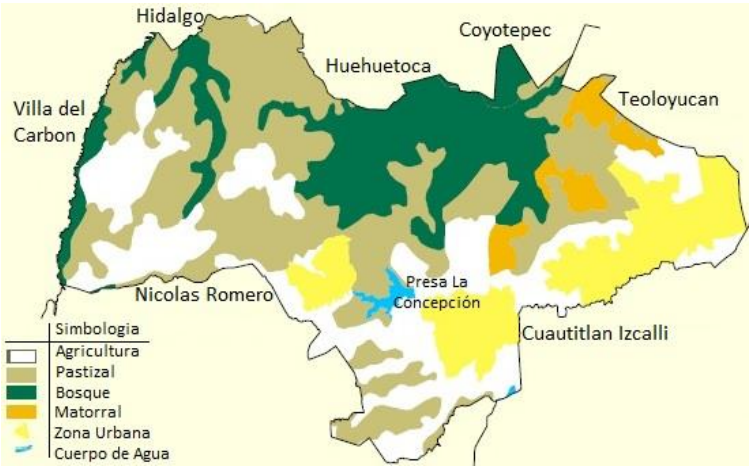


Fig. 4 Tepotzotlán, Edo. de México, mostrando la ubicación de la Presa La Concepción. Uso de suelo y tipo de vegetación del sitio (INEGI, 2005).

Trabajo de campo

Se efectuaron salidas durante los meses de octubre del 2010 a mayo del 2011, época reproductiva de *S. torquatus,* cada 8-15 días. La captura de las lagartijas se realizó manualmente o con caña de pescar de 120cm de longitud con nudo corredizo de hilo cáñamo en la punta, revisando entre las grietas de rocas o cerca de ellas en el horario de actividad de las lagartijas (9:00 a 16:00 horas).

Inmediatamente después de la captura, se tomó la temperatura corporal (T_b), considerando que las lagartijas que requirieron un esfuerzo mayor a 45 segundos para su captura, fueron excluidas para tal análisis (Lara, 2008) ya que puede ser un dato impreciso. La T_a fue tomada con bulbo a la sombra dos centímetros por encima del suelo donde se observó por primera vez a la lagartija, y la T_s colocando tal bulbo directamente sobre el sustrato. Para tomar estas temperaturas, fue utilizado un termómetro digital de lectura rápida FLUKE (precisión 0.1 °C). Simultáneamente fue registrada la temperatura operativa (T_o) cada 15 minutos utilizando dos Data Loger (de cuatro y dos bulbos respectivamente) con tubo de cobre de media pulgada por 7cm de largo como modelo nulo en cada uno de los bulbos; el

primer Data registró las temperaturas del área de la Presa Concepción, siendo dos bulbos colocados a la sombra absoluta y dos a la intemperie, y el segundo Data para el área de pedrería, con un bulbo a sombra y uno a intemperie. Los sitios donde se registraron las T_o fueron donde se observó conducta termorreguladora de las lagartijas (Hertz et al., 1993).

Cada individuo capturado fue marcado en la parte ventral con plumón indeleble, y se le tomaron los siguientes datos: sexo, hora de captura, longitud hocico cloaca utilizando Vernier Caliper Gauge de 0.01mm de precisión y fotografía para su posterior identificación individual y registro.

Trabajo de laboratorio

Las lagartijas capturadas fueron trasladadas al Bioterio del Laboratorio de Herpetología del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. En donde se mantuvieron en grupos de 10 individuos aproximadamente en encierros de 60x40cm, periódico como sustrato y Rocas para simular refugios a los cuales están habituadas. Por otro lado la temperatura y fotoperiodo eran controlados a 28 °C

aproximadamente y 12hrs de luz; la alimentación fue a base de grillos, proporcionados por el Vivario de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM y fueron hidratadas con agua corriente con un aspersor cada tercer día. Al día siguiente de su captura, los ejemplares (divididos en grupos de 10 a 12 individuos según el resultado de la captura) se colocaron a las 9:00hrs en un gradiente térmico con medidas de 120 x 100 x 40 cm (largo, ancho y alto) fabricado a manera de cajón de madera.

Para el extremo frío se empleó la temperatura ambiental de un cuarto húmedo mantenido a una temperatura constante de 20ºC y el extremo caliente se generó con focos de 150 watts colocados a distintas alturas hasta alcanzar los 50 °C. Los organismos fueron aclimatados durante una hora antes de comenzar el registro de los datos. La T_b individual fue tomada cada hora de las 10:00 a las 16:00 horas con termómetro digital de lectura rápida FLUKE (precisión 0.1 °C). El intervalo de temperatura seleccionada en el laboratorio (Set-Point = T_{set}) se obtiene de acuerdo con el método de Hertz et al. (1993), utilizando los datos de la temperatura elegida entre los límites inferior (25 %) y superior (75 %) de la distribución total de datos, los cuales se refieren a Lower y Upper.

Con los datos obtenidos de la T_b, T_{set} y T_o se obtuvo la precisión en la termorregulación (d_b) y calidad térmica del hábitat (d_e) de manera individual. La d_b es la diferencia en el número absoluto entre T_b y T_{set} y es obtenido del valor medio de todas las desviaciones absolutas de T_b con respecto a T_{set}. Conforme T_b se encuentre más cercana a T_{set} el índice d_b se aproxima a cero, por tanto un bajo valor de éste representa una alta precisión termorreguladora de los organismos y valores altos de d_b implican deficiencia en la regulación de la temperatura (Hertz et al., 1993). Por otro lado d_e es la desviación en número absoluto entre T_o y T_{set}, dando como resultado un indicador cuantitativo del promedio térmico de un hábitat desde la perspectiva del organismo. Nuevamente mientras el valor más aproximado a cero se encuentre, mayor es la calidad del hábitat por aproximarse a las características que el animal requiere (Hertz et al., 1993).

Posteriormente, con los valores d_b y d_e se calculó la eficiencia de la termorregulación (E) con la siguiente ecuación: $E=1-(d_b / d_e)$, en donde una E igual o cercana a cero, se refiere a organismos que no están termorregulando, es decir los valores de d_b y d_e son similares y los individuos se están comportando como termoconformistas. En cambio una E cercana a uno nos indica organismos que son activamente

termorreguladores y no dependen directamente de las temperaturas que el ambiente les proporciona, entonces d_b es menor que d_e (Hertz et al., 1993). Finalmente cuando los organismos evaden de manera activa aquellos microclimas con temperaturas adecuadas, d_b es mayor que d_e resultando un valor negativo de E (López, 2005).

Se analizó la relación de T_b vs T_s y T_b vs T_a por medio de regresión lineal para determinar si se trata de organismos que están dependiendo directamente de la temperatura del sustrato (tigmotermos) o del aire (heliotermos) (Huey, 1982).

Finalmente se obtuvo la relación de la cantidad de temperaturas disponibles durante esta época en los que las lagartijas encuentran las ideales dentro del periodo de actividad para su termorregulación en base a sus T_{set} en laboratorio, con el fin de conocer la limitación o restricción térmica ambiental para la población.

RESULTADOS

El muestreo total de individuos de *S. torquatus* fue de n=39 (LHC (mm): 81.65 ± 26 y peso corporal (g): 23.2 ± 19), siendo 10 hembras y 29 machos, los cuales fueron capturados durante los meses de octubre 2010 – enero 2011, ya que en el mes de febrero y marzo en el sitio no era posible encontrar a las lagartijas; si ocurrían avistamientos se encontraban en lugares inaccesibles. El total de datos registrados de temperaturas en campo fue de n= 28.

	HEMBRAS	MACHOS	POBLACIÓN
LHC (mm)	79.9	82.4	81.6
PESO (g)	23.0	23.3	23.2
N	10	29	39

Cuadro 1. Descripción morfológica de la población *S. torquatus.* Promedios de Longitud Hocico-Cloaca (LHC), Peso y Número de individuos (N)

Por otro lado a partir de mediados de abril, cuando comenzaron a presentar actividad nuevamente y se lograron capturas, los individuos eran los ya colectados anteriormente y por lo tanto no eran útiles para las pruebas de laboratorio, dado que no se tendría independencia de datos, entonces se les tomó registro únicamente en campo y se les libero de

inmediato. En estos últimos dos meses en total se reportaron una hembra y tres machos capturados. La hembra fue llevada a laboratorio únicamente para fines de observación de posible nacimiento de crías.

En el caso de las T_o fueron registradas en total 14, 880 datos útiles (dentro del horario de actividad: 09-16hrs) que incluían las temperaturas registradas de sombra y sol directo en la presa Concepción y el área de pedrería.

Los resultados nos indican que la d_e en el área de estudio tiene un valor de 11.50, la d_b de la población es de 1.05 y la E corresponde al valor de 0.91 en base al protocolo de Hertz (1993) (Ver cuadro 1).

Parámetro	Procedimiento	Valor
(d_b)	$d_b = T_b - T_{set}$	1.05
(d_e)	$d_e = T_o - T_{set}$	11.50
(E)	$E = 1-(d_b / d_e)$	0.91

Cuadro 2. d_b (cercano a 0 = Alta precisión en la termorregulación), d_e (lejano a 0 = Baja calidad del hábitat en base a los requerimientos de la población) y E (cercano a 1 = Alta Eficiencia en la termorregulación).

Al observar la relación entre temperaturas corporal, seleccionada y operativa, la T_b y T_{set} se encuentran estrechamente cercanas entre sí. Por su parte, los valores de T_o son muy variables dentro de su propio intervalo, además de estar mayoritariamente por debajo de T_b y T_{set} (Fig. 4).

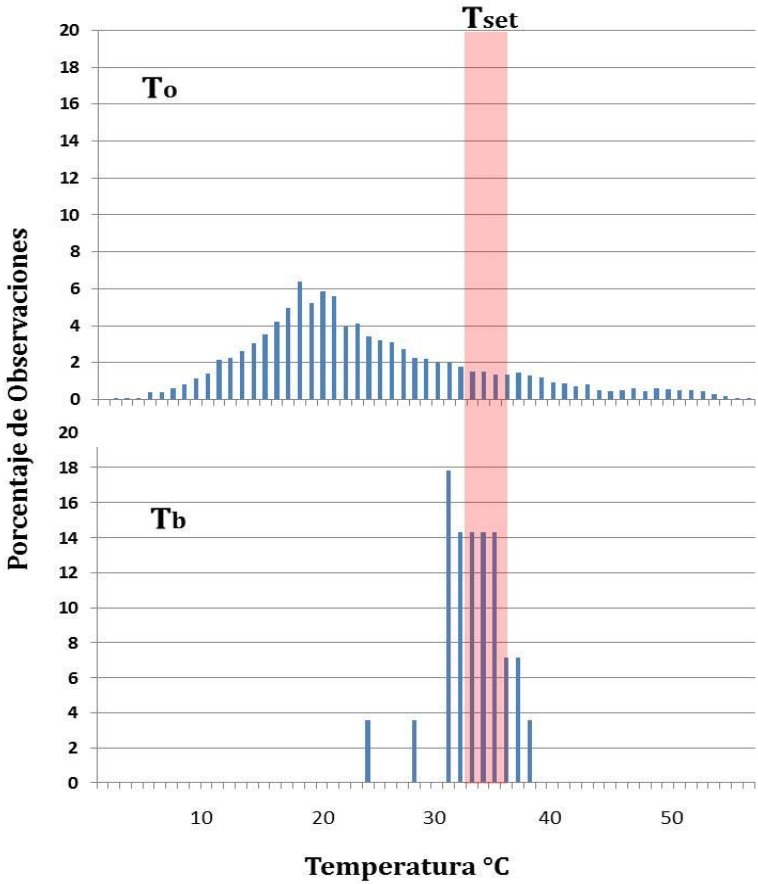


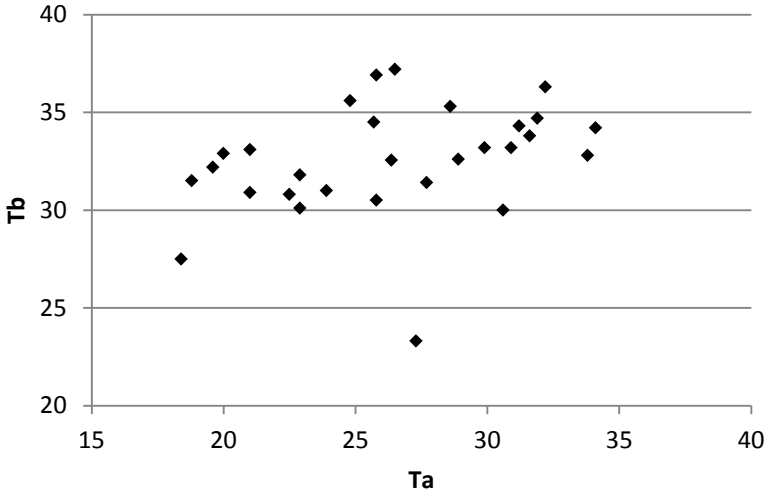
Fig. 5 Relación entre los valores porcentuales de las observaciones de T_b (n=28) y T_o (n=14,880) contra la franja de valores de T_{set} (n=39)

En el Cuadro 3 se muestra el valor de la relación no significativa que existe entre T_b y T_s, así como T_b y T_a, encontramos que ambas presentan valores de R^2 muy alejados de 1 (0.024 y 0.075 respectivamente), mientras más lejanos se encuentren más insignificante será la correlación entre ellos. Por otro lado el valor de p coincide con lo dicho (0.201 Y 0.086 respectivamente), ya que solo los valores menores de 0.05 nos muestran relación significativa.

Apoyando lo anterior, en la figura 6 podemos observar la distribución de las T_b de cada uno de los individuos en el momento de su captura en campo y la respectiva T_s y T_a en donde fueron encontrados. Estos valores no pueden ser explicados de una manera dependiente con tendencia linear como mostraría un organismo termoconformista.

Relación T_b vs T_s	
R^2= 0.024	p = 0.201
Relación T_b vs T_a	
R^2= 0.075	p= 0.086

Cuadro 3. Valor de dependencia de valores entre T_b vs T_s y T_b vs T_a para determinar si la población es tigmo o helioterma. Observamos que no existe relación significativa en ninguno de los parámetros (n=28).



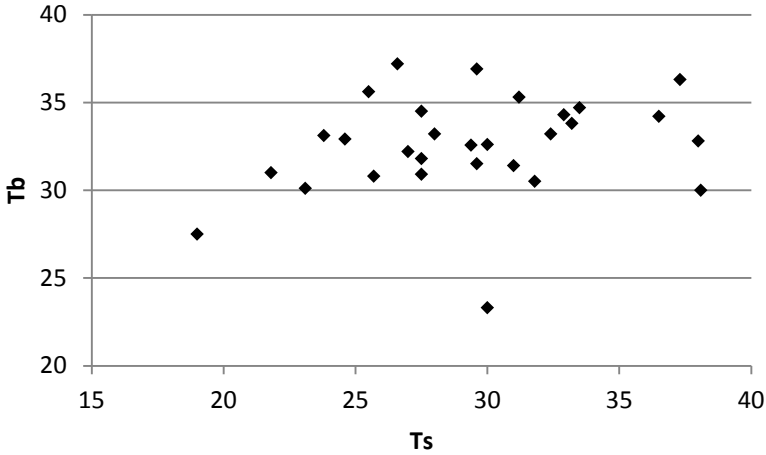


Fig. 6 Relación T_b vs T_s y T_a no linear entre los datos (R^2 0.024 y 0.075 respectivamente). No hay dependencia de parámetros (n=28)

En la siguiente figura (7) la zona sombreada en color azul representa la distribución de las T_o a lo largo del estudio dentro de los horarios de actividad y la zona roja las T_{set} de la población. Los momentos que presentaron temperaturas ideales para la población (en base a las T_{set}, cuartiles lower: 32.25°C y upper: 35.7°C) en el sitio de muestreo representan únicamente un 4.46% del muestreo total durante el horario de actividad, siendo el área empalmada de ambas zonas en la gráfica. El área restante en azul por debajo de las temperaturas seleccionadas (82.5%) es considerada limitante térmica ya que es subóptima a la temperatura ideal (Sinervo, et al. 2010).

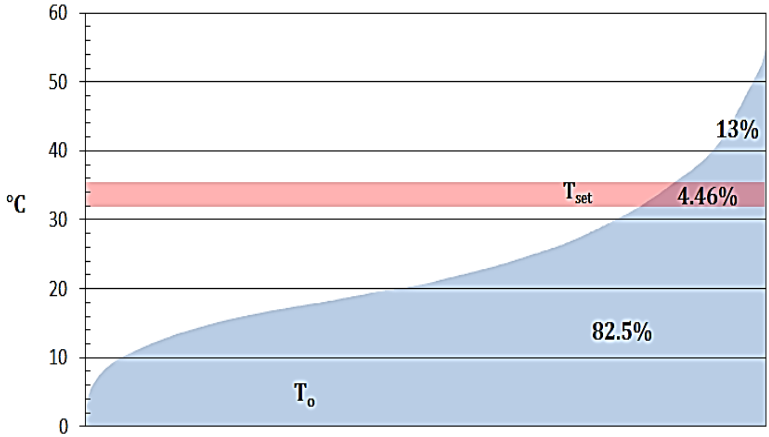


Fig. 7 Limitación térmica en base a T_o (n=14,880) y T_{set} (n=39) (lower: 32.25°C y upper: 35.7°C) de *S. torquatus* en la Presa La Concepción durante octubre 2010-mayo 2011 en el horario de actividad (9-16hrs).

Dentro de las observaciones de actividad de la población, se encontró que durante el muestreo del mes de febrero a marzo no se lograron avistamientos, a excepción de tres machos, los cuales ya habían sido capturados en ocasiones anteriores, por lo que se liberaron nuevamente por no ser útiles para las pruebas.

Una hembra recapturada a finales del mes de marzo fue llevada al laboratorio, donde se pudo presenciar el nacimiento de tres crías la última semana de abril y posteriormente fueron liberadas. Por su parte, las observaciones en campo mostraron actividad de algunos ejemplares de cría durante finales de abril y principios de mayo.

CRÍA	LHC (mm)	LACA (mm)	ALCA (mm)	ANCA (mm)	PESO (g)
1	28	9.15	5.23	6.78	0.5
2	30	9.19	5.6	7.45	0.5
3	30	9.18	5.5	7.37	0.5
MADRE	86	20.39	11.17	14.09	28.5

Cuadro 4. Descripción morfológica de la hembra preñada de *S. torquatus* y sus tres crías nacidas en cautiverio a finales del mes de abril 2011.

DISCUSIÓN

Al analizar los resultados, obtenemos que la d_e en el área de estudio se encuentra muy lejana de lo que podría ser lo ideal en base a los requerimientos de la población (d_e=11.50) ya que mientras los valores más alejados estén de 0 menor será la calidad (Hertz, et. al., 1993), y la precisión de la termorregulación presenta un valor alto (d_b=1.05) utilizando la misma referencia (Hertz, et. al., 1993), por otro lado y apoyando lo anterior la eficiencia de la termorregulación de la población es muy alta (E=0.91) con una gran aproximación al valor de 1 que propone Hertz, et al. (1993).

En base al estudio de diversos autores acerca de termorregulación de ectotermos, puede apreciarse que en general conforme la d_e disminuye, los animales presentan mayor eficiencia en la termorregulación. Por supuesto el presente estudio no es la excepción, y de hecho es un claro ejemplo de esta tendencia. No obstante, por ejemplo el trabajo sobre la termorregulación de *Christinus marmoratus*, de Kearney y Predavec en el 2000 (Ver Anexo), es parte de los estudios que revelaron que además de la poca calidad del ambiente, la eficiencia de la termorregulación de la población apenas llega a un término medio (basado en Hertz, 1993), lo

cual puede conllevar a una mayor dificultad para enfrentar ambientes agrestes y un cambio climático (Sinervo, 2010). Sin embargo, la población de *S. torquatus* en la Presa la Concepción podría presentar mejores resultados de sobrevivencia frente a un cambio de este tipo, aumentando sus posibilidades de permanencia, ya que el valor de la eficiencia térmica es bastante alto a pesar de tener un ambiente con mala calidad térmica.

El cambio climático puede provocar el aumento de la temperatura en diversos ambientes, en los animales ectotermos como las lagartijas este aumento influye más que nada sobre el desarrollo de las crías de las hembras preñadas, las cuales deben mantener temperaturas que no excedan los 35°C en promedio, de otra forma las crías son perjudicadas. Si llegara a ser el caso en el que las lagartijas dispongan de horarios muy restringidos, las crías pueden ser afectadas por la temperatura provocando daños irreversibles y mermando la población (Sinervo, 2010).

La comparación entre T_b, T_o y T_{set} nos permite observar si existe relación significativa entre ellas y darnos una mejor idea de la interacción entre el ambiente y el comportamiento termorregulador de las lagartijas. La T_b y T_{set} se encuentran

estrechamente relacionadas (Figura 5), lo cual da lugar a la gran precisión en la termorregulación (d_b=1.05). Por otro lado, los valores de T_o muestran una irregularidad amplia (lower=16.37, upper=28.67 °C) y sus valores se ubican por debajo de T_b y T_{set} (Figura 5) reiterando la baja calidad del hábitat (d_e=11.5).

En el momento de realizar el análisis de las T_o se esperaba determinar las horas de restricción para la población en el área de estudio, es decir, los momentos en los que las temperaturas del ambiente se presentan por arriba de las temperaturas ideales, lo cual puede provocar que las lagartijas no tengan oportunidad de salir de sus refugios activamente y cubrir sus necesidades básicas de alimentación, asoleo, reproducción, desarrollo de las crías, etcétera. Si el hábitat en cuestión presenta la suficiente restricción como para no permitir a las lagartijas cumplir con alrededor de cuatro horas diarias de actividad, éstas serán muy propensas a desaparecer (Huey, 2010). Sin embargo, los resultados nos muestran que más del 80% de las temperaturas dentro del horario de actividad de la población de *S. torquatus* (Figura 7) están por debajo de las temperaturas ideales (T_{set}), por lo que se podría decir que el ambiente no les presenta restricción sino limitación térmica,

lo cual significa que los organismos tienen mas oportunidades de cumplir con su demanda de actividad por medio de conductas termorreguladoras que les permita aprovechar al máximo las condiciones ambientales (Sinervo, 2010; Herczeg et. al. 2006; Tinkle y Gibbons, 1977). De cualquier modo, la mala calidad ambiental obliga a los individuos a gastar mas energía en la termorregulación que en otras actividades como crecimiento, reproducción y mantenimiento (Beuchat y Ellner, 1987; Sinervo y Adolph, 1989; Sinervo, 1990; Daut y Andrews, 1993), entre otros.

La precisión, exactitud y eficiencia en la termorregulación de las poblaciones de lagartijas se encuentra ligada a los valores de d_e, siendo especialmente importante en ambientes de baja calidad térmica (Hertz, 1993; Shine y Kearney, 2001; Shawn et al., 2002). Así, como es el caso del sitio de estudio (T_o: lower=16.37°C, upper=28.67°C, min=1.34°C y max=89.54°C) se espera que la termorregulación sea más precisa, pues el ambiente es agreste y las lagartijas necesitan compensar la mala calidad térmica que el sitio les ofrece (Huey y Slatkin, 1976), por otro lado puede ser que tal variación ambiental y mala calidad del hábitat no sea beneficioso para los organismos termoconformistas o con baja eficiencia termorreguladora; en ambientes con temperaturas cercanas

a las óptimas que la especie requiere, la termorregulación se espera que sea efectiva y requiera de menor esfuerzo, dedicándose la energía y el tiempo a otras actividades (Shawn et al., 2002).

Los valores de la T_b en campo al ser relacionados con los de T_s y T_a de cada uno de los individuos que fueron registrados al momento de la captura no pueden ser explicados de una manera lineal, no existe relación significativa (Figura 6). Así mismo podemos observar (cuadro 3) que tanto T_b vs T_s como T_b vs T_a presentan valores de R^2 muy alejados de 1 (0.024 y 0.075 respectivamente) lo cual nos indica la insignificante correlación que hay entre ellos. El valor de "p" nos rectifica lo dicho, ya que solo los valores menores de 0.05 nos muestran similitud significativa. Esto puede significar que los individuos no se están comportando de manera termoconformista, no dependen directamente de la temperatura del suelo (tigmotermos, Zug, et al., 2001) ni del aire (heliotermos), y que se encuentran invirtiendo tiempo y energía para termorregular efectivamente.

Lograr mantenerse en buenas condiciones no requiere de que siempre exista una d_e alta, ya que por ejemplo, en el trabajo de Herczeg et. al. en 2006 reportó que podría

pensarse que en un grupo experimental de lagartos sometidos a altas, medias y bajas temperaturas, la T_b alrededor de 20°C provocaría una disminución considerable de la eficacia de la alimentación, tanto fisiológicamente como en comportamiento. A pesar de ello los lagartos aumentaron la temperatura de su masa corporal considerablemente, apoyando la predicción derivada del modelo de Gilchrist, donde dice que el mantenimiento de un rendimiento óptimo fisiológico (en medida de lo posible) es una de las prioridades principales en el comportamiento ectotermico. Cuando nos encontramos con ambientes de calidad térmica baja, este comportamiento es fundamental para compensar las fluctuantes temperaturas ambientales y mantener una T_b constante y óptima para los procesos fisiológicos (Tinkle y Gibbons, 1977).

Al realizar un promedio de la cantidad de °C que la T_b se está alejando de la T_s y T_a el resultado es que con respecto a la primera en promedio son 3.2°C y para la segunda 6.2°C de diferencia ya sea debajo o por encima del valor de la T_b. Con esto notamos que si ha de haber alguna relación de la T_b de los individuos y la del ambiente, es mayor con la T_s que con la T_a. Por otro lado es posible que las lagartijas estén obteniendo el calor del medio cuando se encuentra por

encima del promedio de temperatura que ellas requieren, guardan dicho calor y lo mantienen sin mucha perdida cuando la temperatura ambiental comienza a disminuir (Herczeg, 2006). Y de otro modo, cuando la temperatura ambiental es más fría que la corporal, posiblemente los organismos se encuentren invirtiendo gran parte de su energía para poder mantener y aprovechar todo el calor posible (Sinervo, 1990; Herczeg, 2006).

En base a los muestreos y avistamientos, la población mostró actividad durante los meses de octubre a enero, la cual disminuyó de febrero a mayo siendo capturados únicamente tres machos que ya lo habían sido anteriormente y entonces no eran útiles para las pruebas. Por otro lado, en concordancia con el estudio hecho por Ortiz et al., en 2001, donde dice que las crías comienzan a nacer entre abril y mayo siendo de tres a cuatro individuos por camada, se logró registrar en laboratorio el nacimiento de tres crías en la última semana del mes de abril de una hembra recapturada. De la misma manera en campo se pudieron observar en actividad algunos ejemplares de cría durante esos meses. Cuando las observaciones de actividad por parte de los organismos disminuyó drásticamente, posiblemente fueron localizados mayor cantidad de machos que de hembras (3 vs

1) porque, como varios autores mencionan en sus estudios (Shine, 1980; Braña 1993; Bauwens, 1981; Shine, 2003), ellas son más lentas y propensas a depredación en la etapa de preñez, por lo que permanecían dentro de sus refugios.

CONCLUSIONES

- A pesar de que el sitio de estudio presenta baja calidad ambiental para los requerimientos de *S. torquatus* durante la época reproductiva, la población de estudio demostró tener una eficiencia y precisión en la termorregulación elevada.

- En base a estudios anteriores, el presente trabajo registra a la población de *S. torquatus* como una de las especies con mayor resistencia a malas condiciones de calidad ambiental.

- Al presentar el ambiente 82.5% de las temperaturas dentro del horario de actividad como subóptimas (por debajo de las ideales), se puede decir que el sitio de estudio no presenta restricción, sino limitación térmica, la cual puede no ser un riesgo para *S. torquatus* durante la época reproductiva.

- La población de estudio no se comporta de manera termoconformista, encontrándose invirtiendo tiempo y energía para termorregular efectivamente.

- La actividad de *S. torquatus* disminuye drásticamente a partir del mes de febrero y confirmando reportes anteriores, el nacimiento de las crías es presenciado a finales del mes de abril y principios de mayo.

LITERATURA CITADA

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

Andrews R. M. 1998. Geographic variation in the field body temperature of *Sceloporus* lizards. Journal of Thermal Biology, 23(6): 329-334.

Andrews R. M., Méndez-de la Cruz F. R., Villagrán-Santa Cruz M. y Rodríguez-Romero F. 1999. Field and Selected Body Temperatures of the Lizards *Sceloporus aeneus* and *Sceloporus bicanthalis.* Journal of Herpetology, 33(1):93-100.

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.

Arias B. S. F. 2011. Termorregulación y comportamiento forrajero de *Phrynosoma orbiculare* en el Arenal, Nicolás Romero, Estado de México. Tesis de Maestría. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 44 pp.

Avery R. A. 1979. Lizards – A Study in Thermoregulation. Baltimore: University Park Press.

Bauwens D. y Thoen C. 1981. Escape tactics and vulnerability to predation associated with reproduction in the lizard *Lacerta vivipara.* Journal of Animal Ecology, 50(3).

Bauwens D., Hertz P. E. y Castilla A. M. 1996. Thermoregulation in a Lacertid Lizard: The Relative Contributions of Distinct Behavioral Mechanisms. Ecology, 77(6):1818-1830.

Beuchat C. A. y Ellner S. 1987. A quantitative test of life history theory: Thermoregulation by a viviparous lizard. Ecological Monographs, 51: 45-68.

Braña F. 1993. Shifts in body temperature and escape behavioral of female Podarcis muralis during pregnancy. OIKOS, 216-222.

Daut E. F. y Andrews R. M. 1993. The effect of pregnancy on thermoregulatory behavior of the viviparous lizard Chalcides ocellatus. Journal of Herpetology, 27: 6-13.

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(1):79-89.

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.

Días E. J. R. y Rocha C. F. D. 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(4):586-588.

Don Hunsaker II. 1962. Ethological Isolating Mechanisms in the *Sceloporus torquatus* Group of Lizards. Evolution, 16(1): 62-74

Feria O. M. 2001. Diet and Reproductive Biology of the Viviparous Lizard *Sceloporus torquatus torquatus* (Squamata: Phrynosomatidae). Journal of Herpetology, 35: 104-112.

Guillette L. J. 1982. The evolution of viviparity and placentation in the high elevation, Mexican lizards *Sceloporus aeneus*. Herpetologica, 38: 94-103.

Guillette L. J. y Méndez – de la Cruz F. R. 1993. The reproductive cycle of the viviparous Mexican lizard *Sceloporus torquatus*. Journal of Herpetology. Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

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.

Gvozdik L. y Castilla A. 2001. A comparative study of prefered body temperatures and critical thermal tolerance limits among populations of *Zootoca vivipara* (Squamata: Lacertidae) along and altitudinal gradient. Journal of Herpetology, 35: 486-492.

Herczeg G. G., 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. The American Naturalist, 142(5):196-818.

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

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

Huey R. B., Deutsch C. A., Tewksbury J. J., Vitt L. J., Hertz P. E., Álvarez P. H. J. y Garland T. 2009. Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. Proc. R. Soc. B, 276: 1939–1948.

INEGI, Marco Geoestadístico. 2000.

INEGI, Marco Geoestadístico Municipal. 2005. Tepotzotlán, Estado de México.

INEGI, Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Tepotzotlán, México. 2009. Clave geoestadística 15095.

INEGI, 2011. Mapa de la Presa La Concepción dentro del Municipio de Tepotzotlán. www.dices.net

Jiménez A. V. H y Méndez-de la Cruz F. R. 2007. Termorregulación en la lagartija vivípara *Sceloporus torquatus* (squamata: phrynosomatidae) del pedregal de San Ángel, D. F., México.

Lara R. R. A. 2008. Eficiencia de la termorregulación y modelación del nicho ecológico de dos especies hermanas de *Sceloporus* con diferente modo reproductor. Tesis de Maestría. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 61 pp.

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

López A. S. 2005. Biología térmica y desempeño locomotor en tres especies de lacertilios vivíparos del grupo *Sceloporus torquatus*. Tesis de maestría. UNAM. México. D. F.

Martínez M. N. y Méndez-de la Cruz F. R. 2007. Molecular phylogeny of the *Sceloporus torquatus* species-group (Squamata: Phrynosomatidae). Laboratorio de Herpetología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Zootaxa 1609: 53–68.

Martínez T. M. 2009. Almacenamiento de espermatozoides en la vagina de la lagartija vivípara *Sceloporus torquatus* (Sauria: Prhynosomatidae). Acta Zoológica Mexicana, 25(3): 497-506.

Navarro G. J. C., García A. y Méndez de la C. F. R. 2008. Estacionalidad, eficiencia termorreguladora de *Aspidoscelis lineatissima* (Sauria: Teiidae) y la calidad térmica del bosque tropical caducifolio en Chamela, Jalisco, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 79: 413-419.

Neri V. G. 2009. Enciclopedia de los Municipios de México, Estado de México, Tepotzotlán. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de México.

Ortiz F. M., Nieto M. de O. y Ugarte S. H. 2001. Dieta y Biología Reproductiva de la lagartija vivípara *Sceloporus torquatus* (Squamata: Phrynosomatidae). Journal of Herpetology, 35 (1): 104-112.

Ramírez B. A. y Numa P. P. 2009. Sexual dimorphism and reproductive cycle in the arboreal spiny lizard *Sceloporus formosus wiegmann* (Squamata: Phrynosomatidae) from central Oaxaca, Mexico. Revista Chilena de Historia Natural, 82: 553-563.

Secretaría del Medio Ambiente. Mapa del Municipio de Tepotzotlán dentro del Estado de México. Consultado en 2012. www.edomexico.gob.mx

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 1971-2000. Normales Climatológicas. Estación: 00015074 Presa La Concepción, Tepotzotlán, Estado de México.

Shawn S., Sartorius J., Amaral P. S., Durtsche R. D., Deen C. M. y Lutterschmidt W. I. 2002. Thermoregulatory accuracy, precision, and effectiveness in two sand-dwelling lizards under mild environmental conditions. Canadian Journal of Zoology, 80:1966-1976.

Shine R. 1980. “Cost” of reproduction in reptile. Oecologia, 46 (1): 92-100.

Shine R. 2003. Locomotor speeds of gravids lizards: Placing “Cost of Reproduction” whithin an ecological context. Functional Ecology, 526-533.

Sinervo B. y Adolph S. C. 1989. Thermal sensitivity of growth rate in hatchling *Sceloporus* lizards: environmental, behavioral and genetic aspect. Oecologia, 78: 411-419.

Sinervo B. 1990. Evolution of thermal physiology and growth rate between populations of the western fence lizard (*Sceloporus occidentalis*). Oecologia, 83: 228-237.

Sinervo B., Méndez-de-la-Cruz F., Miles D. B., Heulin B., Bastiaans E., Villagrán-Santa Cruz M., Lara R. R., Martínez M. N., Calderón E. M. L., Meza L. R., Gadsden H., Avila L. J., Morando M., De la Riva I. J., Sepulveda P. V., Duarte R. C. F., Ibargüengoytía N., Aguilar P. C., Massot M., Lepetz V., Oksanen T. A, Chapple D. G., Bauer A. M., Branch W. R., Clobert J. y Sites J. W. 2010. Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. Science, 328: 894.

Sokal R. R. y Rohlf F. J. 2000. Biometry. W. H. Freeman and Company. 859 pp.

Smith H. M. 1938. The lizard of the *torquatus* group of the genus *Sceloporus Wiegmann* 1828. University of Kansas. Scientific Bulletin, 24: 539–693.

Smith H. M. 1939. The Mexican and Central American lizards of the genus *Sceloporus*. Field Museum of Natural History. Publications in Zoology Series, 26: 1–397.

Tinkle D. y Gibbons J. W. 1977. The distribution and evolution of viviparity in reptiles. Misc Publ. Univ. Mich, 154: 1-55.

Tosini G., Foá A. y Avery R. A. 1992. Body temperatures and exposure to sunshine of ruin lizards *Podarcis sicula* in central Italy. Amphibia-Reptilia 13: 169-175.

Vercken E., Massot M., Sinervo B. y Clobert J. 2007. Colour variation and alternative reproductive strategies in females of the common lizard *Lacerta vivipara*. J Evol Biol, 20(1): 221-32.

Wiens J. J. y Reeder T. W. 1997. Phylogeny of spiny lizards (*Sceloporus*) based on molecular and morphological evidence. Herpetological Monographs, 11: 1–101.

Wiens J. J., Reeder T. W. y Montes de Oca A. 1999. Molecular phylogenetics and evolution of sexual dichromatism among populations of the Yarrow´s spiny lizard (*Sceloporus jarrovii*). Evolution, 53: 1884–1897.

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

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

Anexo. Tabla cuantitativa de termorregulación de diversas especies. Modificada de Lara, 2008. **LHC**: longitud hocico-cloaca; **Tset**: intervalo de temperaturas seleccionadas en laboratorio; ***T*b**: temperatura corporal en campo; ***T*o**: temperatura operativa; **db**: precisión de la termorregulación; ***d*e**: calidad térmica del hábitat; ***E***: eficiencia termorreguladora.

Especie	Suborden	LHC (mm)	Hábitat	Tset °C	Tb	To	db	de	E	Referencia
Anolis cooki	Lagartija	65	Desierto	29.6-31.6	30.8	30	1.05	2.25	0.53	Hertz et al., 1993.
Anolis cristatellus	Lagartija	70	Desierto y semidesierto	28.6-30.9	27.3	30	2.48	4.13	0.35	Hertz et al., 1993.
Anolis gundlachi	Lagartija	70	Semidesierto	24.3-26.1	19.4	19	3.55	4.05	0.15	Hertz et al., 1993.
Hypsilurus spinipes	Lagartija	110	Selva tropical				2.59	2.81	0.08	Rummery et al., 1994.
Chlamydosaurus kingii	Lagartija	200	Sabana arbolada	34.1-36.6	34.3	37	1.43	3.96	0.64	Christian y Bedford, 1995
Podarcis hispanica	Lagartija	65	Matorral	31.9-36.8	33.9	30	0.3	6.3	0.95	Bauwens et al., 1996.

Especie	Suborden	LHC (mm)	Hábitat	Tset °C	Tb	To	db	de	E	Referencia
Varanus scalaris	Lagartija	170	Sabana arbolada	36.7-39.5	35.4	36	1.79	3.15	0.42	Christian y Bedford, 1996
Varanus gouldii	Lagartija	550	Sabana arbolada	34.0-36.3	35.9		0.85	6.51	0.87	Christian y Weavers, 1996
Varanus mertensi	Lagartija	550	Pantano	33.1-35.5	34		1.66	6.51	0.64	Christian y Weavers, 1996
Varanus panoptes	Lagartija	550	Sabana arbolada y praderas inundadas	35.8-37.6	35.2		2.28	6.55	0.65	Christian y Weavers, 1996
Psammodromus algirus	Lagartija	75	Matorral arbolado	32.4-37.4		36	0.82	8.2	0.91	Díaz, 1997.
Phrynosoma douglassi	Lagartija	75	Desierto	33.0-36.0	35.5	33	0.25	1.69	0.85	Christian, 1998.
Hoplocephalus bungaroides	Serpiente	640	Bosque	28.1-31.1	25.6	27	3.7	3.4	0.09	Webb y Shine, 1998.
Pogona barbata	Lagartija	400	Bosque	29.2-33.1	34.6	40	3.25	5.3	0.33	Schäuble y Grigg, 1998.

Especie	Suborden	LHC (mm)	Hábitat	Tset °C	Tb	To	db	de	E	Referencia
Lophognathus temporalis	Lagartija	130	Sabana arbolada	33.7-35.8	34	37	3.48	5.1	0.46	Christian et al., 1999.
Nerodia sipedon	Serpiente	900	Pantano	25.0-30.5	24	22	2.35	4.04	0.42	Brown y Weatherhead, 2000
Christinus marmoratus	Lagartija	50	Bosque	23.6-26.0	19	17	3.5	7.4	0.54	Kearney y Predavec, 2000
Podarcis muralis	Lagartija	60	Pradera	31.9-36.5	30.4	22	2	10.4	0.81	Grbac y Bauwens, 2001.
Zootoca vivipara	Lagartija	65	Pradera	29.1-33.8	31.1	34	1.18	4.93	0.58	Gvodík, 2002.
Elaphe obsoleta	Serpiente	1300	Bosque caducifolio	26.5-29.8			4.79	8.09	0.41	Blouin–Demers y Weatherhead, 2001.
Sceloporus arenicolus	Lagartija	65	Arbustos xéricos	33.9-37.2	34.1	36	1.6	7.66	0.79	Sartorius et al., 2002.
Uta stansburiana	Lagartija	50	Arbustos xéricos	32.9-38.3	36.5	35	0.41	6.98	0.94	Sartorius et al., 2002.

Especie	Suborden	LHC (mm)	Hábitat	Tset °C	Tb	To	db	de	E	Referencia
Lacerta oxycephala	Lagartija	60	Paredes	31.1-34.4	31.6	31	0.84	3.78	0.77	Scheers y Van Damme, 2002
Podarcis melisellensis	Lagartija	60	Paredes	32.9-35.2	34.1	33	1.04	6.27	0.83	Scheers y Van Damme, 2002
Trogonophis wiegmanni	Andisbénido	142	Arbustos xéricos	21.7-23.4	22	22	1.5	3.5	0.57	López et al., 2002.
Hoplodactylus maculatus	Lagartija	75	Pastizal	26.0-28.0	22		4.32	6.75	0.25	Rock et al., 2002.
Hoplocephalus stephensii	Serpiente	800	Bosque	27.8-29.3	24	22	8.05	9.21	0.1	Fitzgerald et al., 2003.
Sceloporus aeneus	Lagartija	78	Bosque de pino	33.8-35.3	30	17.3	4	16.8	0.76	Lara, 2008
Sceloporus bicantalis	Lagartija	70	Pastizal alpino	33.5-35.3	27.8	16	5.8	17.9	0.68	Lara, 2008
Sceloporus torquatus	Lagartija	82	Matorral xerófilo	32.3-35.7	32.6	23.2	1.05	11.5	0.91	Presente estudio