

Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 22(2): 137-150 (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

WOOLRICH-PIÑA G. A.¹, J. A. LEMOS-ESPINAL¹, L. OLIVER-LÓPEZ¹, M. E. CALDERÓN
MÉNDEZ¹, J. E. GONZÁLEZ-ESPIÑOZA¹, F. CORREA-SÁNCHEZ¹ y R. MONTOYA AYALA².

Laboratorio de Ecología¹. Laboratorio de Cómputo². Unidad de Biología, Tecnología y
Prototipos (UBIPRO). FES-Iztacala UNAM. Av. De los Barrios s/n Col. Los Reyes Iztacala,
54090, Tlalnepanltla Estado de México, MÉXICO. woolrichg@correo.unam.mx.

RESUMEN

Estudiamos la ecología térmica de la lagartija *Sceloporus grammicus* que habita en la región central de la Ciudad de México. La temperatura corporal (T_b) promedio para estos organismos fue de 31.43 ± 0.1 °C. La T_b de *Sceloporus grammicus* estuvo positiva y significativamente correlacionada con la temperatura del aire [T_a] ($n = 147$, $r = 0.451$, $P < 0.001$; $T_b = 27.529 + 0.195 T_a$) y con la temperatura del sustrato [T_s] ($n = 147$, $r = 0.482$, $P < 0.001$; $T_b = 27.315 + 0.199 T_s$) donde se encontraban. Observamos diferencias significativas entre la temperatura corporal de machos y hembras (ANCOVA con la T_s como covariable $F^{1,146} = 8.71$, $P = 0.003$), así como en la temperatura corporal presentada entre hembras preñadas y no preñadas (ANCOVA con la T_s como covariable $F^{1,91} = 18.81$ $P < 0.001$). Estos resultados sugieren que *S. grammicus* presenta una tendencia hacia la termorregulación activa y que el estadio reproductivo de las hembras puede influir su estrategia termorreguladora. **Palabras clave:** *Sceloporus grammicus*, Ecología térmica, Termorregulación, Temperatura corporal, Estadio reproductivo, Ciudad de México.

ABSTRACT

The thermal ecology of the lizard, *Sceloporus grammicus* in Mexico City was studied. Mean body temperature (T_b) was 31.43 ± 0.1 °C. Body temperature was significantly and positively related to air temperature (T_a : $n = 147$, $r = 0.451$, $P < 0.001$; $T_b = 27.529 + 0.195 T_a$) and substrate temperature (T_s : $n = 147$, $r = 0.482$, $P < 0.001$; $T_b = 27.315 + 0.199 T_s$) occupied by the lizards. The body temperature was different between males and females (ANCOVA with T_s as the covariate $F_{1,146} = 8.71$, $P = 0.003$) and between pregnant females and unpregnant females as well (ANCOVA with T_s as the covariate $F_{1,91} = 18.81$ $P < 0.001$). These results suggested that *S. grammicus* is a lizard with active thermoregulation and that reproductive status can influence the thermoregulatory strategy of females.

Key word: *Sceloporus grammicus*, thermal ecology, thermoregulation, body temperature, reproductive status, Mexico City.

INTRODUCCIÓN

La temperatura es un factor ambiental que influye de manera directa sobre la temperatura corporal de los lacertilios (Zug *et al.*, 2001). Esta temperatura corporal

puede ser regulada por mecanismos conductuales y fisiológicos que permiten a las lagartijas mantener intervalos de temperaturas corporales máximos y mínimos (Ballinger *et al.*, 1970; Huey y Pianka, 1977; Hertz, 1981; Stevenson 1985a; Huey y Bennett, 1987; Brown 1996; Lemos-Espinal *et al.*, 1997a; y Anguilletta *et al.*, 1999), debido a las variaciones diarias, estacionales y geográficas en la temperatura ambiental (Huey y Slatkin, 1976; Hertz y Huey, 1981; Stevenson 1985b; Bauwens *et al.*, 1996 y Belliure *et al.*, 1996). Estos organismos pueden ganar calor por radiación directa del sol (organismos heliotermos) o por estar en contacto con algún sustrato caliente (animales tigmotermos, Zug *et al.*, 2001). Dichos mecanismos de obtención de calor, generalmente repercuten en la estrategia de la regulación térmica por parte de un lacertilio, ya que puede darse por dos vías: mediante una termorregulación activa, en la cual, un organismo puede mantener su temperatura corporal por encima de la temperatura ambiental, y por medio de una regulación pasiva (termoconformismo) en la cual, un animal va incrementando su temperatura conforme aumenta la temperatura ambiental (Huey y Slatkin, 1976; Pough *et al.*, 2001).

Los trabajos realizados por Cowles y Bogert (1944) y Bogert (1949a y b) han sido la base de la mayoría de los estudios sobre la termorregulación en lagartijas. Desde entonces se han realizado una serie de trabajos sobre termorregulación en lacertilios entre los que podemos destacar los estudios que relacionan la termorregulación con la fisiología, por ejemplo, locomoción, crecimiento, frecuencia cardíaca, flujo de sangre, glucosa en sangre, y transferencia de calor, entre otras (Dunham *et al.*, 1989; Sinervo y Adolph, 1989, 1994; Sinervo, 1990; Benabib y Congdon 1992; O'Connor, 1999; Grenot *et al.*, 2000; Dzialowski y O'Connor, 2001), así como estudios ecológicos y evolutivos que tratan de explicar la temperatura corporal que presentan las lagartijas actualmente (Ballinger *et al.*, 1970; Waldschmidt y Tracy, 1983; Huey y Bennett, 1987; Grant y Dunham, 1988, 1990; Smith *et al.*, 1993 y Smith y Ballinger, 1994a; Lemos-Espinal y Ballinger, 1995; Lemos-Espinal *et al.*, 1997a y b). En la actualidad se considera que la termorregulación es un factor que puede explicar algunas características de historias de vida como son la madurez sexual, tamaño de la camada o de la puesta, tasas de crecimiento de las crías y supervivencia, entre otras (Stearns, 1976, 1992; Beuchat y Ellner, 1987; Sinervo y Adolph, 1989; Sinervo, 1990; Adolph y Porter, 1993; Anguilletta *et al.*, 2000).

La ecología térmica de lagartijas puede relacionarse con diferencias en el microhábitat utilizado por ambos sexos (Beuchat, 1986; Gillis, 1991; Smith *et al.*, 1993), así como a la condición reproductiva de las hembras, tanto en especies ovíparas como vivíparas (Vrcibradic y Rocha, 2004). Esta última relación puede establecerse debido a que la temperatura apropiada para optimizar el desarrollo embrionario tal vez difiera de la temperatura corporal alcanzada por las hembras (Beuchat, 1988; Andrews *et al.*, 1997). Para algunas especies vivíparas, se han reportado tres tendencias mediante las cuales las hembras preñadas regulan su temperatura corporal. Por un lado, se ha observado que termorregulan a temperaturas corporales más bajas con respecto a las hembras no preñadas (Garrick, 1974; Beuchat, 1986; Tosini y Avery, 1996). Por otra parte, se ha encontrado que la regulación térmica de las hembras preñadas se lleva a cabo a una temperatura corporal mayor en relación a las hembras no preñadas (Stewart, 1984; Daut y Andrews, 1993; Rock *et al.*, 2000). La última tendencia indica una termorregulación a

temperaturas corporales similares entre hembras preñadas y no preñadas (Schwarzkopf y Shine, 1991; Lemos-Espinal y Ballinger, 1995).

El presente trabajo contribuye a incrementar el conocimiento sobre la ecología térmica de *Sceloporus grammicus*, razón por la cual nos hemos planteado las siguientes preguntas:

1) ¿Cuál es la temperatura corporal promedio de *S. grammicus*? 2) ¿Existe una relación entre la temperatura corporal de estas lagartijas y la temperatura del microclima (sustrato y aire) ocupado por los organismos? 3) ¿Se presentan diferencias en la temperatura corporal de los lacertilios ocupando diferentes condiciones de microhábitat con respecto a la radiación solar (sol, sombra, nublado)? 4) ¿Son organismos heliotérmicos o tigmotérmicos? 5) ¿Esta población de *Sceloporus grammicus* muestra tendencias hacia la termorregulación o hacia el termoconformismo? 6) ¿Existen diferencias significativas entre la temperatura corporal de machos y hembras, así como entre la de hembras preñadas y no preñadas?

MATERIAL Y MÉTODO

Descripción del área de estudio

El área de estudio se localiza en las cercanías del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (en la zona centro-oriente), a una altitud de 2240 msnm. El tipo de vegetación corresponde a manchones dispersos de *Eucaliptus* sp, colorines (*Erythrina coralloides*) y pirules (*Schinus molle*) principalmente (Rzedowski 1988). Estos manchones están separados por avenidas y calles. *Sceloporus grammicus* es abundante a lo largo de estas «islas verdes». Cuando la actividad humana disminuye (poco tránsito vehicular y afluencia de personas mínima), entre las 900 y las 1330, y entre las 1630 y 1830, se les puede observar perchando sobre los troncos de los árboles antes mencionados, a una altura no mayor de 1.8 m, y a nivel del suelo dentro de jardineras ocupando estos sitios para asolearse.

Ecología térmica

El estudio se realizó de enero del 2001 a diciembre del mismo año. Se procedió a capturar el mayor número posible de lagartijas de la especie *S. grammicus*. Una vez capturado, a cada organismo se le registró sexo, hora de captura, temperatura corporal (T_c) (temperatura cloacal), así como la temperatura del aire (T_a) (bulbo a la sombra 3.0 cm por encima del sustrato ocupado por la lagartija) y la temperatura del sustrato (T_s) (bulbo a la sombra sobre el sustrato ocupado por la lagartija) utilizando un termómetro de lectura rápida (intervalo 0-50°C). Asimismo, se registró la posición del organismo con respecto a los rayos solares (a lo que posteriormente denominaremos condición: completamente expuesto al sol, expuesto a la sombra o día nublado). Todas las lagartijas que requirieron un esfuerzo mayor de captura (> 2 min.) fueron excluidas de los registros de temperatura. Solo se utilizó un dato de T_c , T_a y T_s por cada lagartija para tener una independencia estadística de los datos.

Estadísticos

Para determinar si se presentaron diferencias significativas entre la temperatura corporal de machos vs. hembras, hembras preñadas vs. hembras no preñadas y entre

organismos utilizando diferente condición, se aplicó un análisis de covarianza (ANCOVA) tomando como covariable a la variable más correlacionada con la T_c , en este caso, la T_s . Para determinar si existió una correlación entre T_s y T_a con la T_c se aplicó un análisis de correlación de Pearson.

Tendencias termorreguladoras

Para comprobar las tendencias termorreguladoras o termoconformistas se aplicó el criterio de Huey y Slatkin (1976) quienes mencionan que una especie es termorreguladora cuando el valor de la pendiente de la regresión lineal de la T_c sobre la temperatura ambiental (T_a ó T_s) es cero o cercano a éste; cuando una especie es termoconformista el valor de la pendiente es uno o cercano a él. Con respecto a la forma de obtención de calor por parte de los animales, si la correlación entre T_c vs. T_a es mayor comparada a la correlación T_c vs. T_s , se asume que hay una tendencia de los organismos a ser heliotermos, si ocurre lo contrario en la correlación, la tendencia es a presentar una tigmotermia.

Condición reproductiva

Por último, para determinar la condición reproductiva de las hembras, en el laboratorio se realizó la disección de las mismas, considerando a las hembras no preñadas aquellas que presentaron folículos no vitelogénicos y las hembras preñadas aquellas que presentaron folículos vitelogénicos y embriones en el oviducto.

RESULTADOS

La T_c de estas lagartijas promedió $31.43 \pm 0.1^\circ\text{C}$ (intervalo $28.6\text{-}33.2^\circ\text{C}$). La T_a y T_s en la zona de estudio promediaron $20.02 \pm 0.24^\circ\text{C}$ (intervalo $14.6\text{-}24.8^\circ\text{C}$) y $20.67 \pm 0.25^\circ\text{C}$ (intervalo $15.6\text{-}28.2^\circ\text{C}$) respectivamente.

La T_c presentó una relación positiva y significativa con la T_a (Fig. 1, $r = 0.451$, $P < 0.001$; $T_c = 27.529 + 0.195 T_a$) y con la T_s (Fig. 2, $r = 0.482$, $P < 0.001$; $T_c = 27.315 + 0.199 T_s$) del microhábitat ocupado por cada lagartija. Por otro lado, la temperatura corporal para machos y hembras promedió $31.93 \pm 0.17^\circ\text{C}$ (rango $28.8 - 34.6$), $n = 55$ y $31.26 \pm 0.12^\circ\text{C}$ (rango $28.6 - 33.4$), $n = 92$, respectivamente, observándose una diferencia significativa en la temperatura corporal presentada por ambos sexos (Fig. 3, ANCOVA con la T_s como covariable $F_{1,146} = 8.71$, $P = 0.003$), siendo los machos los que dependieron en mayor medida de la temperatura del microhábitat ($r = 0.53$, $P < 0.001$; $T_c = 25.185 + 0.31 T_s$) con respecto a las hembras ($r = 0.48$, $P < 0.001$; $T_c = 27.690 + 0.17 T_s$). Por otra parte, la temperatura promedio para hembras preñadas y no preñadas fue de $30.42 \pm 0.17^\circ\text{C}$ (intervalo $28.6 - 32.6$), $n = 35$ y $31.68 \pm 0.14^\circ\text{C}$ (intervalo $28.2 - 33.4$), $n = 57$, respectivamente, encontrándose una diferencia estadísticamente significativa entre las hembras con ambas condiciones reproductivas (Fig. 4, ANCOVA con la T_s como covariable $F_{1,91} = 18.81$, $P < 0.001$). Asimismo se observó que las hembras

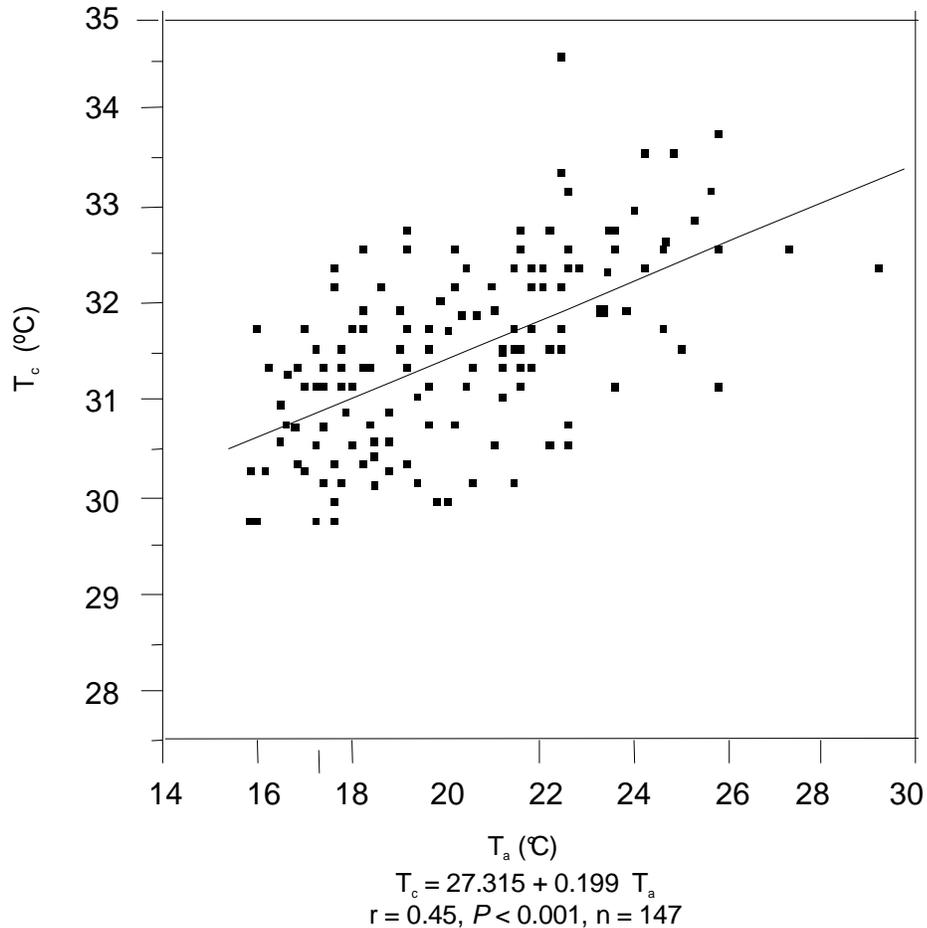


Figura 1

Esta figura muestra la correlación positiva y significativa que presentan la temperatura corporal (T_c) de las lagartijas y la temperatura del aire (T_a) del microhábitat ocupado por estas.

preñadas dependieron en mayor grado de la temperatura del microclima ($n = 57, r = 0.56, P < 0.001; T_c = 26.656 + 0.225 T_s$) que las hembras no preñadas ($n = 35, r = 0.3, P = 0.08; T_c = 27.845 + 0.083 T_s$).

La temperatura de las lagartijas que ocupaban diferente condición (sol, sombra y nublado), promedió $31.7 \pm 0.09^\circ\text{C}$ (intervalo $29.2 - 33.8$), $n = 84$; $31.8 \pm 0.26^\circ\text{C}$ (intervalo $29.2 - 34.6$), $n = 37$ y $29.6 \pm 0.27^\circ\text{C}$ ($27.8 - 31.8$), $n = 26$, respectivamente; observándose una diferencia significativa entre lagartijas que ocupaban sol y sombra con respecto a las que se encontraron en días nublados (ANCOVA con la T_s como covariable $F_{2,145} = 34.64, P < 0.001$, ver Fig. 5). Durante los días nublados la dependencia de los lacertilios

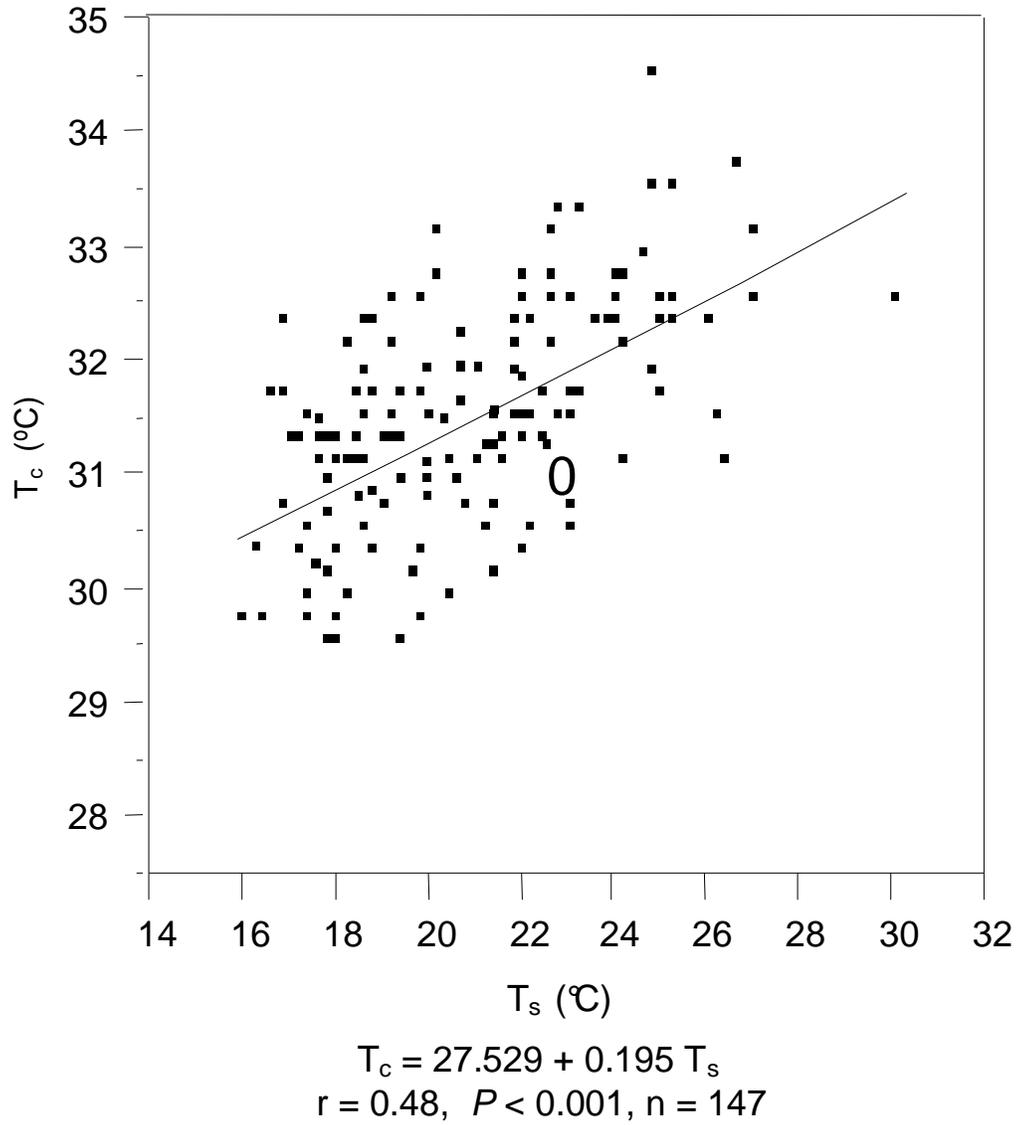


Figura 2

En esta figura se observa una correlación positiva y significativa entre la temperatura corporal T_c y la temperatura del sustrato (T_s) del microhábitat ocupado por los organismos. Nótese que el valor de r es mayor en esta correlación.

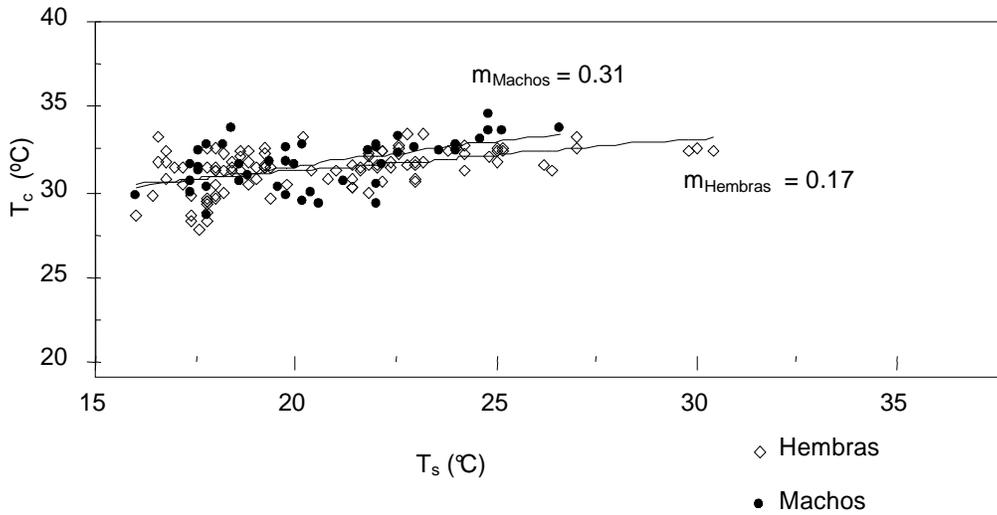


Figura 3

Esta figura muestra las diferencias en la temperatura corporal presentada entre machos (círculos negros) y hembras (rombos claros) de *S. grammicus*. El valor de las pendientes (m) indica dichas diferencias térmicas (ANCOVA con la T_s como covariable $F_{1,146} = 8.71$ $P = 0.003$).

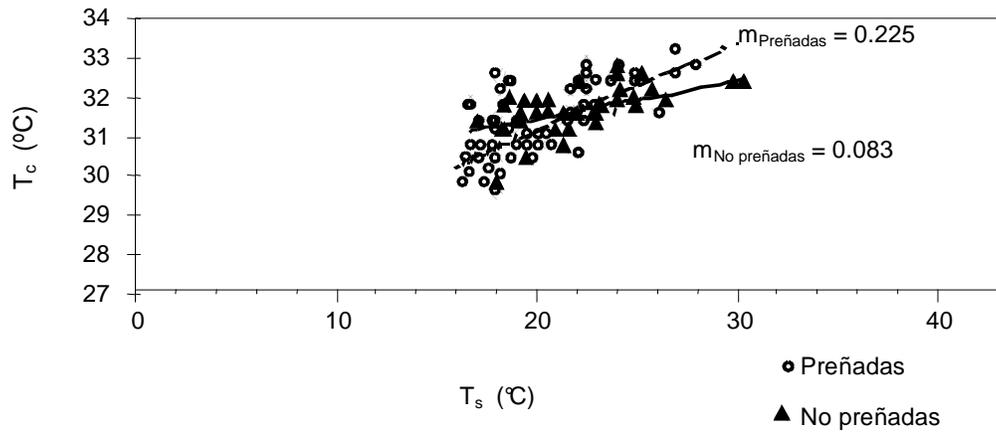


Figura 4

Esta regresión muestra las diferencias en la temperatura corporal presentada por hembras preñadas (círculos claros) y no preñadas (triángulos oscuros) de esta lagartija, (ANCOVA con la T_s como covariable $F_{1,91} = 18.81$ $P < 0.001$); m = pendiente de la recta ajustada.

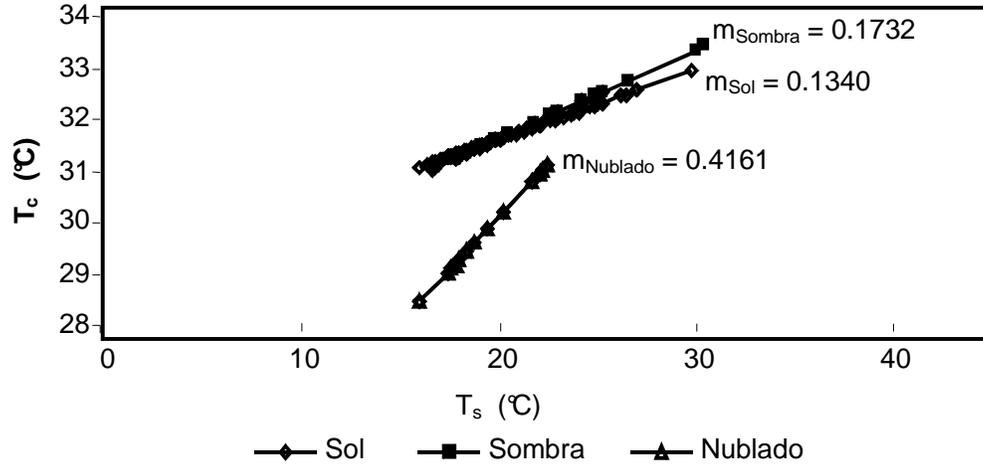


Figura 5

En esta figura se observan las diferencias en la temperatura corporal presentada por las lagartijas bajo diferentes condiciones atmosféricas: sol (rombo), sombra (cuadrado oscuro) y nublado (triángulo; ANCOVA con la T_s como covariable $F_{2,145} = 34.64$ $P < 0.001$); m = pendiente de la recta ajustada.

hacia la temperatura del microhábitat fue mayor ($r = 0.69$, $P < 0.001$; $T_c = 21.7497 + 0.4161 T_s$), en comparación a los días soleados ($r = 0.4$, $P < 0.001$; $T_c = 28.9 + 0.1340 T_s$) ó cuando se encontraban en la sombra ($r = 0.47$, $P < 0.001$; $T_c = 28.1173 + 0.1732 T_s$).

DISCUSIÓN

Temperatura corporal

El promedio de la temperatura corporal de *S. grammicus* fue de $31.43^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$, similar a la presentada en otras poblaciones pertenecientes al complejo *grammicus* (Lemos-Espinal y Ballinger 1995). Tal vez esta similitud en el promedio de la temperatura corporal se deba a una característica ancestral del grupo (Huey y Bennett, 1987; Garland et al., 1991; Harvey y Pagel, 1991) ya que los hábitats, las condiciones climáticas y la altitud en las zonas donde ocurren estos organismos difieren entre sí (ver cuadro 1). Otra posible explicación es que quizás se deba a que la temperatura corporal presentada por estos organismos es la óptima en la que los procesos fisiológicos se llevan a cabo adecuadamente (Van Damme et al., 1987), pues se ha observado en otra lagartija vivípara (*Lacerta vivipara*) un adecuado funcionamiento locomotor y digestivo cuando presenta temperaturas corporales cercanas a 32°C (Patterson y Davies, 1978).

Tendencias termorreguladoras

La mayor parte de estos lacertilios se encontraron completamente expuestos al sol. Sin embargo, también estuvieron activos en la sombra y durante días nublados. Lo anterior sugiere que tanto la temperatura del aire como la del sustrato son ocupadas por los organismos para regular su temperatura corporal. Existen dos evidencias que pueden

Cuadro 1

Datos disponibles en la literatura sobre la temperatura corporal T_c ($^{\circ}\text{C}$), y temperatura del microhábitat promedio (Temperatura del aire y Temperatura del sustrato) ocupado por las lagartijas en diferentes altitudes y zonas geográficas. Estos datos son presentados en promedio \pm error estándar y n = tamaño de la muestra (cuando fue posible). N. D. = Datos no Disponibles.

Especie	T. corporal $^{\circ}\text{C}$	T. aire $^{\circ}\text{C}$	T. sustrato $^{\circ}\text{C}$	Lugar	Altitud (msnm)	Fuente
<i>S. grammicus</i>	30.57 \pm 0.5 n = 65	N. D.	N. D.	La Michilía, Durango	2480	Ortega-Rubio <i>et al.</i> , 1984.
<i>S. grammicus</i>	33.6 \pm 0.3 n = 38	27.2 n = 38	42.5 n = 38	La Goma, Durango	1100	Bogert, 1949a.
<i>S. grammicus</i>	31.58 \pm 0.11 n = 293	13.09 \pm 0.87 n = 293	N. D.	Laguna, vertiente oriental del Iztaccihuatl, Puebla	3700	Lemos-Espinal y Ballinger 1995.
<i>S. grammicus</i>	31.22 \pm 0.16 n = 245	5.69 \pm 0.51 n = 245	N. D.	Paredón vertiente oriental del Iztaccihuatl, Puebla	4400	Lemos-Espinal y Ballinger 1995.
<i>S. grammicus</i>	28.15 n = 108	17.9 n = 108	N. D.	Parque Nacional Zoquiapan Edo. de Méx.	3400	Andrews <i>et al.</i> , 1997
<i>S. grammicus</i>	31.43 \pm 0.1 n = 147	20.02 \pm 0.24 n = 147	20.67 \pm 0.25 n = 147	Centro de México D.F.	2240	Este trabajo.

indicar una termorregulación activa. La primera es que el valor de ambas pendientes de las regresiones T_c vs. T_a y T_c vs. T_s , son de 0.19. Con base al criterio propuesto por Huey y Slatkin (1976), *S. grammicus* al igual que otras especies pertenecientes al género, presenta tendencias hacia dicha estrategia termorreguladora (Lemos-Espinal y Ballinger, 1995; Lemos-Espinal *et al.*, 1993, 1997a y b; Smith y Ballinger, 1994a, y b, 1995; Smith *et al.*, 1993; Andrews *et al.* 1997). El que una lagartija sea termorreguladora tiene ciertas implicaciones. Por un lado, al presentar su cuerpo altas temperaturas, habrá una mayor tendencia a la pérdida de agua por evaporación (Hertz, 1992). Por otra parte, generalmente buscará fuentes de radiación directa al sol, haciéndose conspicua a potenciales depredadores (Ballinger *et al.*, 1970; Huey, 1974; Huey y Slatkin, 1976), entre otros posibles costos. Por otro lado, el acceso a una temperatura ambiental que permita a los organismos elevar su temperatura corporal a un rango óptimo, trae como posible ventaja que el animal asigne la cantidad de energía necesaria al crecimiento, reproducción y mantenimiento (Beuchat y Ellner, 1987; Sinervo y Adolph, 1989; Sinervo, 1990; Daut y Andrews, 1993), entre otros. La segunda evidencia que puede indicar una termorregulación activa es que tanto la tigmotermia como la heliotermia parecen desempeñar un papel importante en los esquemas termorreguladores de *S. grammicus*, debido a una correlación relativamente alta y significativa entre la T_c con la temperatura del

microclima (T_a y T_s , ver resultados). Las observaciones realizadas en campo y lo mencionado anteriormente, pueden sugerir que estos organismos realizan movimientos de sol a sombra para mantener su temperatura corporal constante en las horas de luz solar, ganando calor por radiación directa del sol, y cuando su temperatura aumenta, buscan refugio a la sombra, en sustratos con temperaturas confortables que les permita mantener una temperatura corporal constante. Este esquema de obtención de calor utilizando ambas vías (tigmotermia y heliotermia) contrasta con los patrones presentados por otros lacertilios cuyas tendencias se cargan más hacia la tigmotermia (Lemos-Espinal *et al.*, 1997b y c, 1998; Woolrich-Piña *et al.*, 1999, 2003), o heliotermia (Carrascal y Díaz, 1989; Marquet *et al.*, 1989).

La diferencia en la temperatura corporal presentada por las lagartijas ocupando diferente condición (sol, sombra y nublado) puede ser otra evidencia más de que estos lacertilios termorregulen activamente, ya que las T_c 's fueron mayores en días soleados que en días nublados y, por otra parte, quizás empleen el mecanismo de cambiar de postura con respecto a los rayos del sol para regular su temperatura (Dreisig, 1984; Bauwens *et al.*, 1996).

Diferencias térmicas inter e intrasexuales

La diferencia en la temperatura corporal presentada por ambos sexos de *S. grammicus* tal vez se deba al grado de territorialidad o a diferencias en el uso de microhábitats (Dias y Rocha, 2004; Kerr y Bull, 2004). Este mismo patrón ha sido observado en otros lacertilios (Smith *et al.*, 1993), donde los machos pueden acceder a microhábitats con mayor disponibilidad de fuentes de calor. Sin embargo, en otras especies, las hembras presentan una temperatura corporal mayor a los machos (Daut y Andrews, 1993 y Gillis, 1991). Quizás lo anterior se deba a que las hembras requieren de microhábitats adecuados que suministren el calor necesario para incrementar la temperatura corporal con fines reproductivos (Schwarzkopf y Shine, 1991).

Una capacidad termorreguladora disminuida y una tendencia tigmotérmica por parte de las hembras preñadas en comparación a las no preñadas (pendientes 0.225 vs. 0.083, $r = 0.56$ vs. $r = 0.3$, respectivamente), tal vez aumente su probabilidad de supervivencia (Stewart, 1984), ya que al ocupar diferentes microhábitats o conductas termorreguladoras, posiblemente eviten el riesgo de ser depredadas y por esta razón presenten una temperatura corporal menor en comparación de las hembras no preñadas (Shine, 1980; Bauwens and Thoen, 1981; Braña, 1993). Esta tendencia hacia una termorregulación pasiva por parte de las hembras preñadas, tal vez pueda explicarse desde una perspectiva ecológica y otra fisiológica. Desde un punto de vista ecológico, las hembras preñadas son más vulnerables a la depredación debido a que su mayor masa corporal les impide escapar rápidamente en comparación con los machos (Huey, 1982). Por otro lado, desde el punto de vista fisiológico, la baja temperatura corporal de las hembras preñadas puede evitar una afección al desarrollo embrionario (Beuchat y Ellner, 1987; Smith y Ballinger, 1994b; Andrews *et al.*, 1997). Sin embargo, una disminución en la temperatura corporal por parte de las hembras preñadas, puede afectar su crecimiento, reproducción y supervivencia a futuro (Beuchat y Ellner, 1987).

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer a los Drs. Vinicio Sosa Fernández y Gerardo C. Leynaud, así como a otro revisor anónimo los comentarios y sugerencias realizadas a la primera versión de este trabajo. La Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT nos concedió los permisos necesarios para la recolección de ejemplares dentro de la Delegación Venustiano Carranza. Un agradecimiento especial a los Drs. Patricia Dávila Aranda y Rafael Lira Saade de la FES Iztacala UNAM, quienes a través de la Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), nos han apoyado y alentado para realizar éste y otros estudios.

LITERATURA CITADA

- Adolph S. C. & W. P. Porter.** 1993. Temperature, activity and lizard life-history. *American Naturalist* 142: 273-295.
- Andrews R. M., F. R. Méndez de la Cruz, & M. Villagrán-Santa Cruz.** 1997. Body temperatures of female *Sceloporus grammicus*: Thermal stress or impaired mobility? *Copeia* 1997: 108-115.
- Anguiletta M. J. Jr., L. G. Montgomery & Y. L. Werner.** 1999. Temperature preference in geckos: diel variation in juveniles and adults. *Herpetologica* 55: 212-222.
- Anguiletta M. J. Jr., R. Scott Winters & A. E. Dunham.** 2000. Thermal effects on the energetics of lizards embryos: Implications for hatchling phenotypes. *Ecology* 81: 2957-2968.
- Ballinger R. E., K. R. Marion & O. J. Sexton.** 1970. Thermal ecology of the lizard, *Anolis limifrons*, with comparative notes on three additional panamanian Anoles. *Ecology* 51: 246-254.
- Bauwens D., P. E. Hertz & A. M. Castilla.** 1996. Thermoregulation in a lacertid lizard: The relative contributions of distinct behavioral mechanisms. *Ecology* 77: 1818-1830.
- Bauwens D. & C. Thoen.** 1981. Escape tactics and vulnerability to predation associated with reproduction in the lizard *Lacerta vivipara*. *Journal of Animal Ecology* 50: 733-744.
- Belliure J., L. M. Carrascal & J. A. Díaz.** 1996. Covariation of thermal biology and foraging mode in two mediterranean lacertid lizard. *Ecology* 74: 1163-1173.
- Benabib M. & J. D. Congdon.** 1992. Metabolic and water-flux rates of free-ranging tropical lizards *Sceloporus variabilis*. *Physiological Zoology* 65: 788-802.
- Beuchat C. A.** 1986. Reproductive influences on thermoregulatory behavior of a live-bearing lizard. *Copeia* 1986: 971-979.
- _____ 1988. Temperature effects during gestation in a viviparous lizard. *Journal of Thermal Biology* 13: 135-142.
- Beuchat C. A. & S. Ellner.** 1987. A quantitative test of life history theory: Thermoregulation by a viviparous lizard. *Ecological Monographs* 51: 45-68.
- Bogert C. M.** 1949a. Thermoregulation and critic body temperatures in Mexican lizards of the genus *Sceloporus*. *Anales del Instituto de Biología UNAM* 20: 415-426.
- _____ 1949b. Thermoregulation in reptiles, a factor in evolution. *Evolution* 3: 195-211.
- Braña F.** 1993. Shift in body temperatures and escape behavior of female *Podarcis muralis* during pregnancy. *Oikos* 66: 216-222.
- Brown R. P.** 1996. Thermal biology of the gecko *Tarentola boettgeri*: comparisons among populations from different elevations within Gran Canaria. *Herpetologica* 52: 396-405.

- Carrascal L. M. & J. A. Díaz.** 1989. Thermal ecology and spatio-temporal distribution of the Mediterranean lizard *Psammodromus algirus*. *Holarctic Ecology* 12: 137-143.
- Cowles R. B. & C. M. Bogert.** 1944. A preliminary study of thermal requirements of desert reptiles. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 83: 261-296.
- Daut E. F. & R. M. Andrews.** 1993. The effect of pregnancy on thermoregulatory behavior of the viviparous lizard *Chalcides ocellatus*. *Journal of Herpetology* 27: 6-13.
- Dias E. J. R. & 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.
- Dreisig H.** 1984. Control of body temperature in shuttling ectotherms. *Journal of Thermal Biology* 9: 229-233.
- Dunham A. E., B. W. Grant & K. L. Overall.** 1989. Interfaces between biophysical and physiological ecology and the population ecology of terrestrial vertebrate ectotherms. *Physiological Zoology* 62: 335-355.
- Dzialowski E. & M. P. O'Connor.** 2001. Thermal time constant estimation in warming and cooling ectotherms. *Journal of Thermal Biology* 26: 231-245.
- Garland T. Jr., R. B. Huey & A. F. Bennett.** 1991. Phylogeny and coadaptation of thermal physiology in lizards: A reanalysis. *Evolution* 45: 1969-1975.
- Garrick L. D.** 1974. Reproductive influences on behavioral thermoregulation in the lizard, *Sceloporus cyanogenys*. *Physiological Behavioral* 12: 85-91.
- Gillis R.** 1991. Thermal biology of two populations of red-chinned lizards (*Sceloporus undulatus erythrocheilus*) living in different habitats in southcentral Colorado. *Journal of Herpetology* 25: 18-23.
- Grant B. W. & A. E. Dunham.** 1988. Thermally imposed time constraints on the activity of the desert lizard *Sceloporus merriami*. *Ecology* 69: 167-176.
- _____ 1990. Elevational covariation in environmental constraints and life histories of the desert lizard *Sceloporus merriami*. *Ecology* 71: 1765-1776.
- Grenot C. J., L. Garcin, J. Dao, J. P. Héroul, B. Fahys & T. Pages.** 2000. How does the European common lizard, *Lacerta vivipara*, survive the cold of winter? *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 127: 71-80.
- Harvey P. H. & M. D. Pagel.** 1991. *The comparative method in evolutionary biology*. Oxford University Press, New York, E.E.U.U.
- Hertz P. E.** 1981. Adaptation to altitude in two West Island anoles (Reptilia : Iguanidae): Field thermal biology and physiological ecology. *Journal of Zoology* 195: 25-37.
- _____ 1992. Evaluating thermal resource partitioning by sympatric lizards *Anolis cooki* and *A. cristatellus*: A field test using null hypotheses. *Oecología* 90 : 127-136.
- Hertz P. E. & R. B. Huey.** 1981. Compensation for altitudinal changes in the thermal environment by some *Anolis* lizard on Hispaniola. *Ecology* 62: 515-521.
- Huey R. B.** 1974. Behavioral thermoregulation in lizards: Importance of associated costs. *Science* 184: 1001-1003.
- _____ 1982. Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. Pp. 25-91. In C. Gans and F. H. Pough (Eds). *Biology of reptilia*. Vol. 12. Academic Press, London, UK.
- Huey R. B. & A. F. Bennett.** 1987. Phylogenetic studies of coadaptation: Preferred temperatures versus optimal performance temperatures of lizards. *Evolution* 41: 1098-1115.
- Huey R. B. & E. R. Pianka.** 1977. Seasonal variation in thermoregulatory behavior and body temperature of diurnal Kalahari lizards. *Ecology* 58: 1066-1075.
- Huey R. B. & M. Slatkin.** 1976. Costs and benefits of lizard thermoregulation. *Quarterly Review of Biology* 51: 363-384.

- 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.** 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., R. E. Ballinger & J. M. Javelly-Gurria.** 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., R. E. Ballinger., S. Sanoja-Sarabia & G. R. Smith.** 1997a. Thermal ecology of the lizard *Sceloporus mucronatus mucronatus* in Sierra del Ajusco, Mexico. *Southwestern Naturalist* 42: 344-347.
- Lemos-Espinal J. A., G. R. Smith & R. E. Ballinger.** 1997b. Thermal ecology of the lizard, *Sceloporus gadoviae*, in an arid tropical scrub forest. *Journal of Arid Environments* 35: 311-319.
- _____ 1997c. Temperature relationship of the lizard, *Barisia imbricata*, from Mexico. *Amphibia-Reptilia* 19: 95-99.
- _____ 1998. Thermal ecology of the crevice-dwelling lizard, *Xenosaurus newmanorum*. *Journal of Herpetology* 32: 141-144.
- Marquet P. A., J. C. Ortiz, F. Bosinoviæ & F. M. Jasiæ.** 1989. Ecological aspects of thermoregulation at high altitudes: the case of Andean *Liolaemus* lizards in northern Chile. *Oecologia* 81: 16-20.
- O'Connor M. P.** 1999. Physiological and ecological implications of a simple model of heating and cooling in reptiles. *Journal of Thermal Biology* 24: 113-136.
- Ortega-Rubio A., R. Rodríguez, L. Hernández & R. Barbault.** 1984. Cycles journaliers d'Activité chez deux espèces sympatriques de *Sceloporus* (Iguanidae) *S. grammicus* et *S. scalaris*. *Amphibia-Reptilia* 5: 347-354.
- Patterson J. W. & P. M. C. Davies.** 1978. Preferred body temperatures: seasonal and sexual differences in the lizard *Lacerta vivipara*. *Journal of Thermal Biology* 3: 39-41.
- Pough F. H., R. M. Andrews, J. E. Cadle, M. L. Crump, A. H. Savitzky & K. D. Wells.** 2001. *Herpetology*. Segunda edición. Prentice Hall, New Jersey, E.E.U.U.
- Rock J., R. M. Andrews & A. Cree.** 2000. Effects of reproductive condition, season, and site on selected temperatures of a viviparous gecko. *Physiological and Biochemical Zoology* 73: 344-355.
- Rzedowski J.** 1988. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México D.F., México.
- Schwarzkopf L. & R. Shine.** 1991. Thermal biology of reproduction in viviparous skinks, *Eulamprus tympanum*: why do gravid females bask more? *Oecologia* 88: 562-569.
- Shine R.** 1980. «Costs» of reproduction in reptiles. *Oecologia* 46: 92-100.
- 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. & S. C. Adolph.** 1989. Thermal sensitivity of growth rate in hatchling *Sceloporus* lizards: environmental, behavioral and genetic aspect. *Oecologia* 78: 411-419.
- _____ 1994. Growth plasticity and thermal opportunity in *Sceloporus* lizard. *Ecology* 75: 776-790.
- Smith G. R. & R. E. Ballinger.** 1994a. Temperature relationships in the high-altitude viviparous lizard, *Sceloporus jarrovi*. *American Midland Naturalist* 131: 181-189.

- _____ 1994b. Thermal ecology of *Sceloporus virgatus* from southeastern Arizona, with comparison to *Urosaurus ornatus*. *Journal of Herpetology* 28: 65-69.
- _____ 1995. Temperature relationships of the tree lizard, *Urosaurus ornatus*, from desert and low elevation montane population in the southwestern USA. *Journal of Herpetology* 29: 126-129.
- Smith G. R., R. E. Ballinger & J. D. Congdon.** 1993. Thermal ecology of the high-altitude bunch grass lizard, *Sceloporus scalaris*. *Canadian Journal of Zoology* 71: 2152-2155.
- Stearns S. C.** 1976. Life history tactics: A review of the ideas. *Quarterly Review of Biology* 51: 3-47
- _____ 1992. *The evolution of life histories*. Oxford University Press, New York, E.E.U.U.
- Stevenson R. D.** 1985a. The relative importance of behavioral and physiological adjustments controlling for body temperature in terrestrial ectotherms. *American Naturalist* 126: 362-386.
- _____ 1985b. Body size and limits to the daily range of body temperature in terrestrial ectotherms. *American Naturalist* 125: 102-117.
- Stewart J. R.** 1984. Thermal biology of the live bearing lizard *Gerrhonotus coeruleus*. *Herpetologica* 40: 349-355.
- Tosini G. & R. Avery.** 1996. Pregnancy decreases set point temperatures for behavioral thermoregulation in the wall lizard *Podarcis muralis*. *Herpetological Journal* 6: 94-96.
- Van Damme R., D. Baywens & R.F. Verheyen.** 1987. Thermoregulatory responses to environmental seasonality by the lizard *Lacerta vivipara*. *Herpetologica* 43: 405-415.
- Vrcibradic D. & C. F. D. Rocha.** 2004. Field body temperatures of pregnant and nonpregnant females of three species of viviparous skinks (*Mabuya*) from southeastern Brazil. *Journal of Herpetology* 38: 447-451.
- Waldschmidt S. & C. R. Tracy.** 1983. Interactions between a lizard and its thermal environment: implications for sprint performance and space utilization in the lizard *Uta stansburiana*. *Ecology* 64: 476-484.
- Woolrich-Piña G. A., J. E. González-Espinoza, J. A. Lemos-Espinal & A. Ramírez-Bautista.** 1999. *Ecología térmica de una población de la lagartija Sceloporus gadoviae (Lacertilia:Phrynosomatidae) que habita en Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México.* Pp. 121. In: Memorias del XV Congreso Nacional de Zoología, realizado en Tepic, Nayarit.
- Woolrich-Piña G. A., J. A. Lemos-Espinal, L. Oliver López, J. E. González-Espinoza & F. Correa Sánchez.** 2003. *Diferencias y similitudes en la termorregulación de dos lagartijas de pared, Sceloporus gadoviae (Phrynosomatidae) y Phyllodactylus bordai (Gekkonidae) que habitan en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla, México.* Pp. 8. In: Memorias del XVII Congreso Nacional de Zoología, realizado en Puebla, Puebla.
- Zug G. R., L. J. Vitt & J. P. Caldwell.** 2001. *Herpetology: An introductory biology on amphibians and reptiles*. Segunda edición. Academic Press, San Diego, California, E.E.U.U.

Recibido: 3 de agosto 2004

Aceptado: 4 de abril 2006