



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

---

---

**DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**VARIACIÓN EN EL PATRÓN DE COLORACIÓN Y CARACTERÍSTICAS  
REPRODUCTORAS DE LAGARTIJAS *Sceloporus h. horridus* (SAURIA:  
PHRYNOSOMATIDAE) DEL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO.**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
**DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS  
NATURALES**  
P R E S E N T A  
**M en C. MARÍA GUADALUPE BUSTOS ZAGAL**

EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS, ESTADO DE MÉXICO, SEPTIEMBRE, 2013.

## SÍNODO DE ESTE TRABAJO

	INSTITUCIÓN	
DR. FRANCISCO JAVIER MANJARREZ SILVA	FACULTAD DE CIENCIAS, UAEMex	PROPIETARIO
DR. RUBEN CASTRO FRANCO	CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLOGICAS UAEM.	PROPIETARIO
DR. VICTOR MANUEL FAJARDO GUADARRAMA	FACULTAD DE CIENCIAS, UAEMex	PROPIETARIO
DRA. PETRA SANCHEZ NAVA	FACULTAD DE CIENCIAS, UAEMex	PROPIETARIO
DRA. CARMEN ZEPEDA GOMEZ	FACULTAD DE CIENCIAS, UAEMex	PROPIETARIO
DR. ULISES AGUILERA REYES	FACULTAD DE CIENCIAS, UAEMex	SUPLENTE
DR. HERMILO SÁNCHEZ SÁNCHEZ	FACULTAD DE CIENCIAS, UAEMex	SUPLENTE

## DEDICATORIA

A mi esposo **Rubén Castro Franco**, por ser la persona que más admiro como investigador y como ser humano, por esa sencillez, humildad, honestidad y paciencia que te caracterizan como una persona muy trabajadora y noble, **amorcito** muchas gracias por todo tu apoyo. *Eu te amo.*

A mis hijas **Denis y Sarai**, por todo el apoyo que siempre he recibido de ustedes, porque ahora más que nunca comprenden el tiempo que se invierte en el campo y en el laboratorio para realizar un trabajo. Gracias mis amores, la vida sin ustedes sería muy aburrida, **las amo y las admiro.**

A mis padres **Francisco Bustos† Montoya y Tomasa Zagal Figueroa†** porque siguen siendo para mí, un modelo a seguir de amor, trabajo y honestidad. Gracias por fomentar en mí las bases del estudio, se que estarían muy contentos por este logro, **los amo** no importa donde estén yo siempre los llevo en mi corazón.

A mi hermana **Martha†** y sobrinos **Danielito† y Jany†**, aunque los años han pasado eso no ha borrado el gran amor que siento por ustedes, **los amos y extraño.**

A mi hermanita **Amalia Bustos Zagal**, por acompañarme los días de clases para no viajar sola por las lagunas de Zempoala, muchas gracias, te quiero.

A mis hermanas (os) **Ana María, María Estela, Graciela, Margarita, Francisco y Víctor Manuel**, por el amor que nos une como familia, y por todas las cosas bellas que a través de nuestras vidas hemos compartido juntos, cada uno de ustedes ocupa un lugar muy especial en mi corazón, los quiero mucho.

A mis sobrinas (os) **Linda, Adriana, Margarita, Mariana, Stefany, Claudia, Marycarmen, Samy, Sofía, Manuel, Carlos, Raúl, David y Xoltzin**, por ser unas personas de bien, por seguir el ejemplo de trabajo, estudio y honestidad que les legaron sus abuelitos, por los momentos bonitos que hemos compartido.

A mis cuñados **Manuel, Roberto, Ariel, Antonio**. Porque han estado con nosotros en los momentos más alegres y más triste de nuestra familia, gracias por su apoyo y cariño.

A *Elia, Esmeralda, Gema y Mónica*, que se han unido a esta gran familia.

A mi prima *María de la luz Vázquez Zagal*, a quien quiero como a una hermana.

A mis amigos del CIB-UAEM, *Patricia Trujillo, Graciela Bustos, Juan Manuel, Lourdes, Jorge Luna, Claudia, Panchito, Adriana, Jorge Viana, Angeluz, Víctor Mora, Maru, Andrea Anita, Marco Antonio, Ise, Marthita, Judith, Ros, Chávez, Mig, Hugo, Elizur, Aquiles, Mary, Mire y Gaby*, con quienes he compartido experiencias de trabajo y de mucha diversión.

A mis grandes amigos del Doctorado *Jarintzi, Xochitl, Germán, Hilda y Valentina*, con quienes conviví desde el primer día de clases y con quienes pase momentos agradables.

A mis amigos y compañeros de Generación, *Hubles, Yuriana, Justino, Leroy, Clarita, Carlos, Ángela*, que durante las sesiones de clases aportaron ideas para enriquecer este trabajo.

A mis amigos de la secundaria *Lucy, Paty, Gerardo y Fernando*, por continuar con esa amistad tan bonita después de tantos años.

A *Lyla*, por acompañarme en los días de colecta pero sobre todo por todas las noches de desvelo y frío que pasaste al acompañarme hasta que me iba a dormir, para nosotros no eres una perrita, eres parte de nuestra familia.

## AGRADECIMIENTOS

A mi comité Tutorial conformado por los Doctores *Francisco Javier Manjarrez Silva, Rubén Castro Franco y Víctor Manuel Fajardo Guadarrama* quienes a lo largo de tres años le dieron seguimiento a este trabajo de investigación e hicieron grandes aportaciones académicas para mejorarlo y enriquecerlo, muchas gracias por todo su apoyo.

A la Secretaria de Educación Pública a través del *Programa de Mejoramiento del profesorado (PROMEPE)*, quien me otorgo una beca para realizar mis estudios de doctorado, gracias por su apoyo.

A la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, en especial al *Dr. Alejandro Vera Jiménez*, Rector de esta Institución, *Dra. Patricia Castillo España* Secretaria Académica, *Dr. Rubén Castro Franco* Director de Posgrado y *L.A. Elizabeth del Callejo* Representante Institucional de Promep todos ellos de la UAEM, por todo el apoyo y facilidades que me brindaron para poder realizar mis estudios de doctorado.

*Al Dr. Francisco Javier Manjarrez Silva* Director de esta tesis, por la oportunidad y confianza que me brindaste al aceptarme como tesista, por las atinadas sugerencias y comentarios que hiciste al trabajo mejorándolo notablemente, por compartir tus conocimientos y por la asesoría, pero sobre todo por tu sincera amistad, muchas gracias.

*Al Dr. Rubén Castro Franco* Tutor Adjunto, por toda la ayuda que me brindaste en el campo y en el laboratorio, tus grandes ideas sin duda enriquecieron esta investigación, sin tu ayuda hubiera sido más difícil concluir este trabajo, de corazón te doy las gracias.

*Al Dr. Víctor Manuel Fajardo Guadarrama*, quien también formó parte de mi comité tutorial por compartir experiencias y por las aportaciones que hizo a este trabajo, muchas gracias.

*Dra. Carmen Zepeda y Dra. Petra Sánchez Nava*, quienes además de ser mis maestras durante dos años y formar parte de mi sínodo, siguieron el desarrollo de esta investigación, aportando nuevas ideas para que este trabajo saliera bien, gracias doctoras por todos los consejos que me dieron y por su amistad.

A todo el personal del Programa de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (*PECAR*), en especial a la *Dra. Giovanna, Karina y Maribel*, a la Licenciada *Martha Millán* de Control Escolar, por su ayuda incondicional y el buen trato que siempre recibe de ustedes, muchas gracias, sigan con esa amabilidad y sonrisa que siempre encontré en sus labios.

Al *Biól. Carlos Montalban Huidobro*, por el apoyo que me brindó en el campo, sin tu ayuda las colectas hubieran sido más difíciles, sobre todo cuando las lagartijas estaban en árboles muy altos.

A los *Biólogos Sary, Denis, Oswaldo, Italivi*, y alumnos *Roberto, Sol y Aarón*, por acompañarme al campo a buscar lagartijas, por las aventuras que pasamos juntos y hacer más amenas las salidas.

A *Israel y familia* por brindarnos un espacio en su casa para comer y permitirnos dejar la camioneta en un lugar seguro mientras colectábamos.

## CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN GENERAL	3
Literatura citada	5
CAPITULO I. LA VARIACIÓN EN EL PATRÓN DE COLORACIÓN DE LA GARGANTA, CORRELACIONA CON LA MORFOLOGÍA EN MACHOS DE LAGARTIJAS <i>SCELOPORUS H. HORRIDUS</i> (SAURIA: PHRYNOSOMATIDAE).	8
Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
Objetivos	14
Material y Método	14
Resultados	16
Discusión	23
Literatura citada	26
CAPITULO II. DIMORFISMO SEXUAL Y CICLO REPRODUCTOR DE <i>SCELOPORUS HORRIDUS HORRIDUS</i> (WIEGMANN 1939) (SAURIA: PHRYNOSOMATIDAE).	29
Resumen	32
Abstract	33
Introducción	34
objetivo	35
Material y Método	35
Resultados	38
Discusión	44
Literatura citada	50
CAPITULO III. USO DE MICROHABITAT Y TERMORREGULACIÓN EN <i>SCELOPORUS HORRIDUS HORRIDUS</i> (Wiegmann 1939) (SAURIA: PHYNOSOMATIDAE).	57
Resumen	60
Abstract	61
Introducción	62
Objetivo	63
Material y Método	63
Resultados	66
Discusión	72
Literatura citada	75
CONCLUSIONES GENERALES	77

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.

### CAPITULO I. LA VARIACION EN EL PATRON DE COLORACIÓN DE LA GARGANTA, CORRELACIONA CON LA MORFOLOGIA EN MACHOS DE LAGARTIJAS *SCELOPORUS H. HORRIDUS* (SAURIA: PHRYNOSOMATIDAE).

**Fig. 1.** Coloración dorsal de machos de *Sceloporus h. horridus*. Arriba el morfo de color azul y abajo el morfo de color amarillo. 17

**Fig. 2.** Variaciones en el patrón de color de la garganta. A, macho con garganta de coloración híbrida entre azul claro y barras de color azul intenso. B, macho con garganta de color azul y bordes laterales de color amarillo con barras de color negro. C, machos con garganta de color azul y bordes laterales de color amarillo, rojo y barras de color negro. 18

**Fig. 3.** Gráfico del análisis discriminante entre machos de *Sceloporus horridus horridus* donde se separan los tres morfos amarillo, azul y naranja. Los valores de lambda se muestran en el cuadro 2. 21

**Cuadro 1.** Variación morfológica entre los tres patrones de color de la garganta de lagartijas *Sceloporus h. horridus* del Estado de Morelos. Las medidas son en milímetros, en paréntesis el valor mínimo y máximo, arriba el promedio, y abajo la desviación estándar. El asterisco indica diferencias significativas. 19

**Cuadro 2.** Valores de lambda producto del análisis discriminante de seis caracteres de *S. horridus horridus*. Las variables que mejor separan a los tres morfos (amarillo, azul, naranja) son Largo de la cabeza (LC), Alto de la cabeza (ALC), Longitud de la extremidad anterior (LEA), Longitud de la extremidad posterior (LEP). \* indica diferencias significativas. 20

**Cuadro 3.** Relaciones alométricas en machos de *Sceloporus horridus horridus* de los morfos de garganta amarilla, garganta azul y garganta naranja. *ns* indica no significativo. 23

### CAPITULO II. DIMORFISMO SEXUAL Y CICLO REPRODUCTOR DE *SCELOPORUS HORRIDUS HORRIDUS* (WIEGMANN 1939) (SAURIA: PHRYNOSOMATIDAE).

**Figura 1.** Climograma de la estación climatológica Yautepec, Morelos (18° 53' 0.15" LN, 99° 04' 3" LO). Las barras oscuras representan la precipitación y la línea la temperatura. 36

**Figura 2.** **A** Coloración dorsal de machos y **B** coloración dorsal de hembras de *Sceloporus horridus horridus* en la localidad el Jagüey, Tlaltizapan, Morelos. 39

**Figura 3.** A variación de la masa gonadal total (MGT) en hembras, B variación en la masa de los testículos en machos de *Sceloporus horridus horridus*. Los puntos representan la media ajustada por el ANCOVA y las líneas ± el error estándar (EE). Los meses con letras iguales indican valores semejantes y los meses con letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba *post hoc* de Tukey. 41

**Figura 4.** A variación en la masa del hígado, B variación en la masa del cuerpo graso en hembras de *Sceloporus horridus horridus*. Los puntos representan la media ajustada por el ANCOVA y las líneas ± el error estándar (EE). Los meses con letras iguales indican valores semejantes y los meses con letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba *post hoc* de Tukey. 44

**Figura 5.** A variación en la masa del hígado, B variación en la masa del cuerpo graso en machos de *Sceloporus horridus horridus*. Los puntos representan la media ajustada por el ANCOVA y las líneas ± el error estándar (EE). Los meses con letras iguales indican valores semejantes y los meses con letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba *post hoc* de Tukey. 45

### **CAPITULO III. USO DE MICROHABITAT Y TERMORREGULACIÓN EN *SCELOPORUS HORRIDUS HORRIDUS* (Wiegmann 1939) (SAURIA: PHYNOSOMATIDAE).**

Figura 1. Porcentaje de frecuencia de avistamientos de lagartijas *Sceloporus horridus horridus* por tipo de microhábitat. 65

Figura 2. Uso de microhábitat de lagartijas *Sceloporus horridus horridus* por horas del día. 66

Figura 3.- Uso de microhábitat por edades en lagartijas *Sceloporus horridus horridus*. 68

Figura 4.- Uso de Micro hábitat de *Sceloporus horridus horridus* por sexo y edades. 69

Figura 5.- Uso diferencial de microhábitats por lagartijas *Sceloporus horridus horridus* a diferentes altitudes. 70

Cuadro 1. Temperaturas promedio de lagartijas *Sceloporus horridus horridus* capturadas en micro hábitats de árboles, rocas y suelo. 71

Cuadro 2. Análisis de correlación entre las temperaturas cloacal-sustrato y cloacal-aire de lagartijas *Sceloporus horridus horridus* capturadas sobre árboles, rocas y suelo. \* Significativa con  $p < 0.05$  72

## RESUMEN

En este trabajo se utiliza como modelo de estudio a las lagartijas *Sceloporus h. horridus*. En el primer capítulo por medio del análisis morfológico de 363 especímenes machos, se estudia la variación en el patrón de coloración de la garganta, y su correlación con la morfología; asimismo, se presentan evidencias sobre un acentuado dimorfismo sexual en esta especie. El método de estudio es el análisis morfológico de seis caracteres. Los datos fueron procesados con Análisis de Varianza y Análisis Discriminante. Por primera vez se describen tres *morfos* de color (azul, amarillo, naranja) que son reconocibles entre sí por variaciones fenotípicas. Se sugiere que los mecanismos de selección de machos por parte de las hembras, pueden inducir variaciones en la inversión reproductora. En consecuencia, las características de los morfos, y el uso diferencial de hábitat, son factores importantes que se deben considerar en estudios subsecuentes sobre la inversión reproductora de las especies.

En el segundo capítulo además del dimorfismo sexual se estudia el ciclo reproductor. La actividad reproductora de tipo estacional en el período primavera-verano como ha sido observado en varias especies ovíparas de ambientes tropicales secos. La vitelogénesis y espermatogénesis ocurren a principios del año, y las hembras tienen huevos de Mayo a Julio. El tamaño de la puesta se correlaciona con el peso y la condición física de las hembras. En machos la masa testicular tiene una relación positiva con la temperatura, y en las hembras con la precipitación.

En el tercer capítulo se estudia el uso diferencial del microhábitat y la termorregulación. Las lagartijas usan más los árboles, que las rocas y arbustos. Se observaron diferencias significativas en el uso de microhábitats por edades y sexos. La distribución altitudinal, la estación del año y la hora del día, tienen efectos en el uso del microhábitat. Hubo diferencias significativas en la temperatura cloacal de lagartijas entre los períodos de lluvias y secas. Se concluye que los árboles son importantes para la termorregulación en esta especie.

## ABSTRACT

In this study we use as a study model the lizards *Sceloporus h. horridus*. In the first chapter through morphological analysis of 363 male specimens, we studied the variation in the throat color pattern, and its correlation with morphology; it is also presented the evidence of a marked sexual dimorphism in this species. The method of study is the morphological analysis of six characters. The data were processed by Analysis of Variance and Discriminant Analysis. For the first time are described three color morphs (blue, yellow, orange) that are recognizable to each other by phenotypic variations. We suggest that the mechanisms of male selection by the females, can induce changes in reproductive investment. Consequently, the characteristics of the morphs, and the differential use of habitat, are important factors to be considered in subsequent studies on reproductive investment of species. In the second chapter, additional to sexual dimorphism it is also studied the reproductive cycle. Reproductive activity is seasonal in the spring-summer period as has been observed in several oviparous species of tropical environments dry. The vitellogenesis and spermatogenesis occurs at the beginning of the year, and the females have eggs from May to July. The clutch size is related to weight and physical condition of females. In males testicular mass has a positive relationship with temperature, and in females with precipitation. In the third chapter it is examined the differential use of microhabitats and thermoregulation. Lizards uses more frequently trees, that the rocks and bushes. Significant differences in microhabitat use by age and sex were observed. The altitudinal distribution, the season and time of day, have effects on microhabitat use. There were significant differences in cloacal temperature of lizards between the rainy and dry periods. It is concluded that trees are important for thermoregulation in this species.

## INTRODUCCIÓN GENERAL

Las lagartijas tienen ciclos de reproducción diversos, con variaciones entre poblaciones de una misma especie, y aun dentro de una misma población entre distintos años (Fitch 1985, De Marco 1989, Ji & Brana 2000, Zamora-Abrego *et al.* 2007). Las variaciones más comunes ocurren en el número de la puesta, el tamaño de los huevos, los tamaños de nidada, y en el tamaño de las hembras cuando alcanzan la madurez sexual (Tinkle *et al.* 1970). Todas estas variaciones, se han interpretado como una respuesta adaptativa a los distintos ambientes (Abell 1999, Tinkle *et al.* 1970, Ballinger 1977).

En las especies de lagartijas de zonas templadas los ciclos regularmente tienen menor variación y sus patrones tienden a ser más constantes (Tinkle *et al.* 1970, Rodríguez-Romero *et al.* 2002, Rodríguez-Romero *et al.* 2004). Sin embargo, las especies de zonas tropicales tienen ciclos muy variables, y se sabe que la reproducción está influenciada por factores como el fotoperiodo, temperatura, precipitación y la disponibilidad de alimento (Colli 1991, Dunham 1994, Ramírez-Bautista *et al.* 1995, Ramírez-Bautista & Vitt 1997, Ramírez-Bautista *et al.* 2000).

En los pocos trabajos realizados sobre reproducción en *Sceloporus h. horridus* (Fitch 1970, Fitch 1978, Fitch 1985, Castro-Franco 2002, Valdéz-González & Ramírez-Bautista 2002), usualmente se ha observado que hay variación en los tamaños de la camada y en el tamaño de cuerpo de las hembras, sin una correlación consistente entre las dos variables, la mejor explicación que se ha propuesto se ha atribuido al componente geográfico; sin embargo, esto no permite explicar la variación dentro de una misma población en un mismo año.

En lagartijas *Urosaurus ornatus* (Sauria: Phrynosomatidae) usualmente arborícolas, pero con variaciones en el uso de microhábitat (árboles y superficies rocosas) también se ha observado una variación notable en el tamaño de puesta. Las lagartijas de hábitos más arborícolas tienen puestas más grandes que las de hábitos rupícolas; por lo que se ha propuesto que la variación en el tamaño de la puesta se debe a la disponibilidad de alimento, y a las diferencias en la capacidad (velocidad/resistencia) para escapar de los depredadores en los dos microhábitats (Haene 2011).

Con el objeto de explorar las posible causas de la variación en las características reproductoras, se utiliza como modelo de estudio a las lagartijas *Sceloporus h. horridus* (Wiegmann 1939) (Sauria: Phrynosomatidae) porque se trata una especie con amplia distribución en México (Smith & Taylor 1950), también porque es relativamente abundante en la región centro sur de Morelos (Castro-Franco 2002). Además de ello, viven en ambientes estacionales de selva baja caducifolia, selva baja subperennifolia espinosa, selva mediana subcaducifolia, bosque caducifolio espinoso de *Prosopis* sp., y las partes bajas del bosque de pino-encino (Castro-Franco & Bustos 1994, Castro-Franco & Bustos 2003, Castro-Franco & Bustos 2006).

La variación se aborda por medio tres vías. En el primer capítulo se estudia la variación en el patrón de coloración de la garganta, y su correlación con la morfología de machos. Se presentan evidencias sobre un acentuado dimorfismo sexual, el cual es identificado por el análisis morfológico de seis caracteres. Por primera vez, se describe la existencia de tres *morfos* de color (azul, amarillo y naranja) que son reconocibles entre sí utilizando Análisis de Varianza y Análisis Discriminante. En el segundo capítulo se describe la actividad reproductora de tipo estacional en el período primavera-verano como ha sido observado en varias especies ovíparas de ambientes de selva baja caducifolia.

En el tercer capítulo se estudia el uso de los diferentes microhábitats a lo largo del día, año, por sexos, y por edad, en diferentes intervalos de altura y sus implicaciones para la termorregulación y la conservación.

### LITERATURA CITADA

- Abell, A. J.** 1999. Variation in clutch size and offspring size relative to environmental conditions in the lizard *Sceloporus virgatus*. *Journal of Herpetology*, 33:173-180.
- Ballinger, R. E.** 1977. Reproductive strategies: food availability as a source of proximal variation in a lizard. *Ecology*, 58:628-635.
- Castro-Franco, R.** 2002. Historia Natural de Lagartijas de Morelos, México. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. 111 Pp.
- Castro-Franco, R. & Bustos, Z. M. G.** 1994. List of reptiles of Morelos, and their distribution in relation to vegetation types. *Southwestern Naturalist*, 39:171-175.
- Castro-Franco, R. & Bustos, Z. M. G.** 2003. Lagartijas de Morelos, México: distribución, hábitat y conservación. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 88:123-142.
- Castro-Franco, R. & Bustos, Z. M. G.** 2006. Herpetofauna de las áreas naturales protegidas Corredor Biológico Chichinautzin y la Sierra de Huautla, Morelos. México. Publicación Especial No. 1, Centro Investigaciones Biológicas UAEM. 111 p.
- Colli, G. R.** 1991. Reproductive ecology of the *Ameiva ameiva* (Sauria: Teiidae) in the Cerrado of Central Brazil. *Copeia*, 4:1002-1012.

- De Marco, V. G.** 1989. Annual variation in the seasonal shift in egg size and clutch size in *Sceloporus woodi*. *Oecologia*, 80:525-532.
- Dunham, A. E.** 1994. Reproductive ecology. Pp. 3-5. *In* Lizard Ecology historical and experimental perspectives. Vitt, L. J. y Pianka, E. R. (Comp.) Princeton University Press.
- Fitch, H. S.** 1970. Reproductive cycles in lizards and snakes. *University of Kansas Museum of natural History Miscellaneous Publications*, 52:1-247.
- Fitch, H. S.** 1978. Sexual size differences in the genus *Sceloporus*. *University of Kansas Science Bulletin*, 51:441-461.
- Fitch, H. S.** 1985. Variation in clutch and litter size in new world reptiles. *Miscellaneous Publication University of Kansas Museum of Natural History*, 76:1-75.
- Haenel, G.** 2011. Effects of habitat on clutch size of ornate tree lizards, *Urosaurus ornatus*. *Western North American Naturalist* 71: 247–256.
- Ji, X. A. & Brana, F.** 2000. Among clutch variation in reproductive output and egg size in the wall Lizard (*Podarcis muralis*) from a lowland population of northern Spain. *Journal of Herpetology*, 34:54-60.
- Ramírez-Bautista, A. & Vitt, L. J.** 1997. Reproduction in the lizard, *Anolis nebulosus* (Polychrotidae) from the pacific coast of Mexico. *Southwestern Naturalist*, 43:381-390.
- Ramírez-Bautista, A., Uribe-Peña, Z. & Guillette, L. J. Jr.** 1995. Reproductive biology of the lizard *Urosaurus bicarinatus bicarinatus* (Reptilia: Prhynosomatidae) from Río Balsas Basin, México. *Herpetologica* , 51:24-33.

- Ramírez-Bautista, A., Balderas-Valdivia, C. & Vitt, L. J.** 2000. Reproductive ecology of the whiptail lizard *Cnemidophorus lineatissimus* (Squamata: Teiidae) in a tropical dry forest. *Copeia*, 3:712-722.
- Rodríguez-Romero, F., Méndez de la Cruz, F. R., García-Collazo, R. & Villagrán-Santa Cruz, M.** 2002. Comparación del esfuerzo reproductor en dos especies hermanas del género *Sceloporus* (Sauria: Phrynosomatidae) con diferente modo reproductor. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 85:181-188.
- Rodríguez-Romero, F., Smith, G. R., Cuellar, O. & Méndez de la Cruz, F. R.** 2004. Reproductive traits of a high elevation viviparous lizard *Sceloporus bicanthalis* (Lacertilia: Phrynosomatidae) from Mexico. *Journal of Herpetology*, 38:438-443.
- Smith, H. M. & Taylor, E. H.** 1950. An annotated checklist and key to the reptiles of México, exclusive of snakes. *Bulletin United States of Natural Museum*, 199:1-253.
- Tinkle, D. W., Wilbur, H. M. & Tilley, S. G.** 1970. Evolutional strategies in lizard reproduction. *Evolution*, 24:55-74.
- Valdéz-González, M. & Ramírez-Bautista, A.** 2002. Reproductive characteristics of the spiny lizards, *Sceloporus horridus* and *Sceloporus spinosus* (Squamata: Phrynosomatidae) from Mexico. *Journal of Herpetology*, 36:36-43.
- Zamora-Abrego, J.G., Zúñiga-Vega, J. J. & Nieto-Montes de Oca, A.** 2007. Variation in reproductive traits within the lizards genus *Xenosaurus*. *Journal of Herpetology*, 41:630-637.

## **CAPITULO I**

**LA VARIACIÓN EN EL PATRÓN DE COLORACIÓN DE LA GARGANTA,  
CORRELACIONA CON LA MORFOLOGÍA EN MACHOS DE LAGARTIJAS  
*SCELOPORUS H. HORRIDUS* (SAURIA: PHRYNOSOMATIDAE).**



**ACTA ZOOLOGICA MEXICANA**  
**nueva serie**

MANUSCRITO No. AZM13-57

Xalapa de Enríquez, Veracruz, a 10 de Julio de 2013  
Ref./AZM/194/2013

**Dr. Javier Manjarres S.**

Universidad Autónoma del Estado de México  
Toluca Estado de México, México  
P R E S E N T E

Por este conducto me es grato comunicarle que su trabajo científico titulado: **“La variación en el patrón de coloración de la garganta, correlaciona con la morfología en machos de lagartijas *Sceloporus H. Horridus* (Sauria: Phrynosomatidae)”** elaborado por usted como autor de correspondencia junto con María Guadalupe Bustos Zagal, Javier Manjarrez S. Rubén Castro Franco y Víctor Fajardo Guadarrama y enviado a nuestra revista *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* ha sido registrado el día de hoy con el número **AZM13-57**.

Su manuscrito será revisado al menos por dos árbitros y un editor asociado del Comité Editorial quienes determinarán lo más pronto posible las recomendaciones pertinentes. Para toda correspondencia futura relacionada con su manuscrito, le rogamos siempre citar el número de registro.

Agradecemos el interés y la distinción de tomar en cuenta nuestra revista para difundir los resultados de su investigación.

Atentamente,

Dr. Pedro Reyes Castillo  
Editor

**INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.**

2.5 Antigua Carretera a Coatepec No. 351. El Haya. 91070 Xalapa, Veracruz. México  
Tel. (228) 842-18-00 Fax. (228) 818-78-09 e-mail: azm@ecologia.edu.mx

**Este capítulo está ajustado al formato de la *Revista Acta Zoológica Mexicana* (n.s.)**

LA VARIACIÓN EN EL PATRÓN DE COLORACIÓN DE LA GARGANTA,  
CORRELACIONA CON LA MORFOLOGÍA EN MACHOS DE LAGARTIJAS  
*SCELOPORUS H. HORRIDUS* (SAURIA: PHRYNOSOMATIDAE).

VARIATION IN THE PATTERN OF COLOUR IN THROAT CORRELATES WITH  
MORPHOLOGY IN MALES OF LIZARDS *SCELOPORUS H. HORRIDUS* (SAURIA:  
PHRYNOSOMATIDAE).

María Guadalupe Bustos Zagal<sup>1</sup>, Rubén Castro-Franco<sup>1</sup>, Javier Manjarrez Silva<sup>2\*</sup> Víctor Fajardo Guadarrama.

<sup>1</sup>Laboratorio de Herpetología, Departamento de Biología Animal, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Chamilpa 62209, Cuernavaca, Morelos, México. (MGBZ) [bustosgu@uaem.mx](mailto:bustosgu@uaem.mx), (RCF) [castro@uaem.mx](mailto:castro@uaem.mx)

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Recursos Bióticos, Universidad Autónoma del Estado de México.

\*Envío de correspondencia

Titulo corto: Variación morfológica, patrones de color, *Sceloporus h. horridus*

## RESUMEN

El dimorfismo sexual, es un fenómeno común en lagartijas del genero *Sceloporus*, lo que permite identificar diferencias en el tamaño de cuerpo, y diseño de estructuras, entre machos y hembras. Lo más común es que ocurran variaciones en el color disociadas de la morfología. Utilizando ANDEVA de una vía y análisis discriminante, obtuvimos diferencias significativas en seis caracteres morfológicos en correlación con color de la garganta; lo que permite reconocer tres diferentes fenotipos (amarillo, azul y naranja). Sin embargo, no observamos diferencias en el uso de microhábitats. Los machos con garganta de color azul (44.35 %) fueron los más grandes y robustos, y tienen similar abundancia que los machos con garganta de color amarillo (48.5%). Los machos con garganta naranja solo representaron el 8 % del total. Sugerimos que los mecanismos de selección de machos por parte de las hembras y las oportunidades de realizar cópula, por parte de los tres morfos, pueden inducir variaciones en la inversión reproductora entre localidades. Sugerimos que las características el morfo, son un factor importante a considerar en estudios sobre inversión reproductoras de las especies.

**Palabras clave:** Coloración, morfología, machos, *Sceloporus horridus*.

## ABSTRACT

Sexual dimorphism is a common phenomenon in lizards of the genus *Sceloporus*, this allows to identify differences in body size, and design of structures between males and females. Usually a variation occurs in color dissociated from the morphology. Using one-way ANOVA and discriminant analysis, we obtained significant differences in six morphological traits correlated with throat color, allowing recognizing three different phenotypes (yellow, blue and orange). However, we did not observe differences in microhabitat use. Males with blue throat (44.35%) were the largest and the most robust, and have a similar abundance as males with yellow throat (48.5%). Males with orange throats only represented 8% of the total. We suggest that males' selection mechanisms by females and the opportunities for intercourse, by the three morphs, can induce changes in reproductive investment between locations. We suggest that morphological characteristics are an important factor to consider in studies on reproductive investment of species.

**Key words:** Coloration, morphology, males, *Sceloporus horridus*.

## INTRODUCCIÓN

El dimorfismo sexual es un fenómeno común en el reino animal que permite identificar diferencias en el tamaño de cuerpo, y diseño de estructuras entre machos y hembras (Anderson 1994). Usualmente se manifiesta como cambios de color en varias regiones del cuerpo, por el efecto de hormonas que circulan en el torrente sanguíneo (Cox *et al.* 2005).

Las lagartijas del género *Sceloporus* son notables por su acentuado dimorfismo sexual; los machos generalmente tienden a ser más grandes que las hembras (Fitch 1978), y en la época de reproducción, desarrollan diversos patrones de color en la región de la garganta, vientre y dorso, que regularmente se asocian con la madurez sexual y el estatus social (Carpenter 1995, Lemos-Espinal *et al.* 1996).

El color también funciona como un signo confiable de la habilidad para obtener alimentos de buena calidad y componentes específicos para desarrollar el color como carotenoides (Cooper & Greenberg 1992). Esta característica se utiliza para enviar señales hacia machos rivales, desafiar a depredadores potenciales y atraer a las hembras (Whiting *et al.* 2003).

En estudios previos se ha observado que las hembras de *Sceloporus undulatus*, *Urosaurus ornatus* y *Liolaemus tenuis*, seleccionan a los machos, en función de los despliegues agonísticos, los patrones de color y el efecto combinado de características fenotípicas como la masa del cuerpo, tamaño de la cabeza y color de la cola (Cooper Jr. & Burns 1987, Hamilton & Sullivan 2005, Vidal *et al.* 2007). Asimismo, se ha observado que los machos con un sistema elaborado de señales de color, adquieren territorios de mejor calidad y pueden lograr apareamientos más fácilmente (Anderson 1994).

Los machos de lagartijas endémicas de México *Sceloporus h. horridus*, con amplia distribución en la región centro sur de Morelos y cuenca del Rio Balsas, (Castro-Franco & Bustos 2003), se diferencian de las hembras por una serie de características sexuales; que consiste, en un sistema variable de colores en la región de la garganta, y un tamaño de cuerpo variable, lo que hace posible reconocer, machos con diversos patrones de color y tamaño, dentro de una misma población. Esta característica que se llama polimorfismo, ha sido observada en varias lagartijas phrynosomatidas (Sinervo *et al.* 2000, Hamilton & Sullivan 2005) y tiene implicaciones en los proceso de *especiación mórfica* (Smith 1962, Gray & McKinnon 2007, Corl *et al.* 2010) por la pérdida selectiva de morfos.

En este trabajo presentamos evidencias sobre la variación en los patrones de color de la garganta de machos adultos de *S. horridus horridus* y como estos patrones de color están asociados a variaciones en la morfología; asimismo, presentamos información sobre el uso de diferentes de microhábitats entre los morfos identificados.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Utilizamos una base de datos de 363 machos adultos de la colección de anfibios y reptiles de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CARUM); los cuales provienen de 67 localidades de la región centro sur de Morelos, incluidas en áreas de selva baja subperennifolia espinosa, selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia, bosque caducifolio espinoso de *Prosopis* y partes bajas de pino-encino (Castro-Franco & Bustos, 2003). De cada ejemplar en vivo, se obtuvieron registros del color de la garganta y de la longitud hocico-cloaca (LHC), largo de la cabeza (LC, distancia lineal entre el borde de la trompa y el borde anterior del tímpano), alto de la cabeza (ALC, distancia lineal entre el borde lateral de la garganta y la región parietal), ancho de cabeza (ANC, distancia lineal

entre los dos bordes de la cabeza a la altura de la región postocular), longitud de la extremidad anterior (LEA, distancia lineal desde la exila hasta el dedo más largo) y longitud de la extremidad posterior (LEP, distancia lineal desde la ingle hasta el dedo más largo) (Hamilton & Sullivan 2005). Todas las medidas fueron registradas con un vernier digital (0.01 mm).

Las diferencias en los seis caracteres descritos, entre los morfos (color de la garganta), fueron estimadas con Análisis de Varianza de una vía y pruebas *post hoc* de Duncan. Adicionalmente, se utilizó un Análisis Discriminante para reducir la probabilidad de error al clasificar los morfos en función de sus características individuales. La función discriminante por ser una prueba multivariada, permite identificar el conjunto de variables que mejor discriminan los distintos morfos (Johnson 2000).

Las relaciones alométricas de los morfos fueron estimadas con análisis de regresión lineal, utilizando la longitud hocico-cloaca (LHC) como la variable independiente; y el tamaño de la cabeza (LC, ALC, ANC) y las extremidades (LEA, LEP) como las variables dependientes.

El uso diferente de los distintos microhábitats entre los morfos, fue estimado con una prueba de *Chi-cuadrada* ( $\chi^2$ ) utilizando los datos de frecuencia de avistamiento de cada morfo sobre sitios específicos como suelo, rocas y árboles.

## RESULTADOS

**Descripción de los Morfos.** El análisis de las características fenotípicas de las lagartijas examinadas mostró que existen tres diferentes morfos. Los machos de *Sceloporus h. horridus* tienen gargantas de color amarillo, azul y naranja (Figs. 1,2). Los machos con garganta de color azul, fueron los más grandes y robustos, y tuvieron similar abundancia (44.35 %) que los machos con garganta de color amarillo (48.5%). Los machos con garganta de color naranja fueron relativamente escasos y solo representaron el 8 % del total.

También existen parches de color en las escamas de región ventral, dorso lateral del cuerpo y dorso de las extremidades anteriores y posteriores. De acuerdo con el Análisis de Varianza y la prueba de Duncan, los morfos son reconocibles entre sí por variaciones significativas en los siguientes caracteres: longitud hocico-cloaca; largo, ancho y alto de la cabeza; y longitud de las extremidades anteriores y posteriores (Cuadro 1). Los machos del morfo azul destacan entre los tres, por tener la longitud hocico-cloaca más grande (LHC  $91.97 \text{ mm} \pm 10.18$ ,  $n=161$ ), lo mismo que la longitud de la cabeza (LC  $24.30 \text{ mm} \pm 2.71$ ,  $n=161$ ), la altura de la cabeza (ALC  $14.96 \pm 2.48$ ,  $n=161$ ) y las extremidades anteriores (LEA  $34.57 \text{ mm} \pm 4.40$ ,  $n=161$ ) y posteriores (LEP  $50.79 \text{ mm} \pm 6.30$ ,  $n= 161$ ). Después se encuentran los machos del morfo naranja (LHC  $83.54 \pm$



Fig. 1. Coloración dorsal de machos de *Sceloporus h. horridus*. Arriba el morfo de color azul y abajo el morfo de color amarillo.

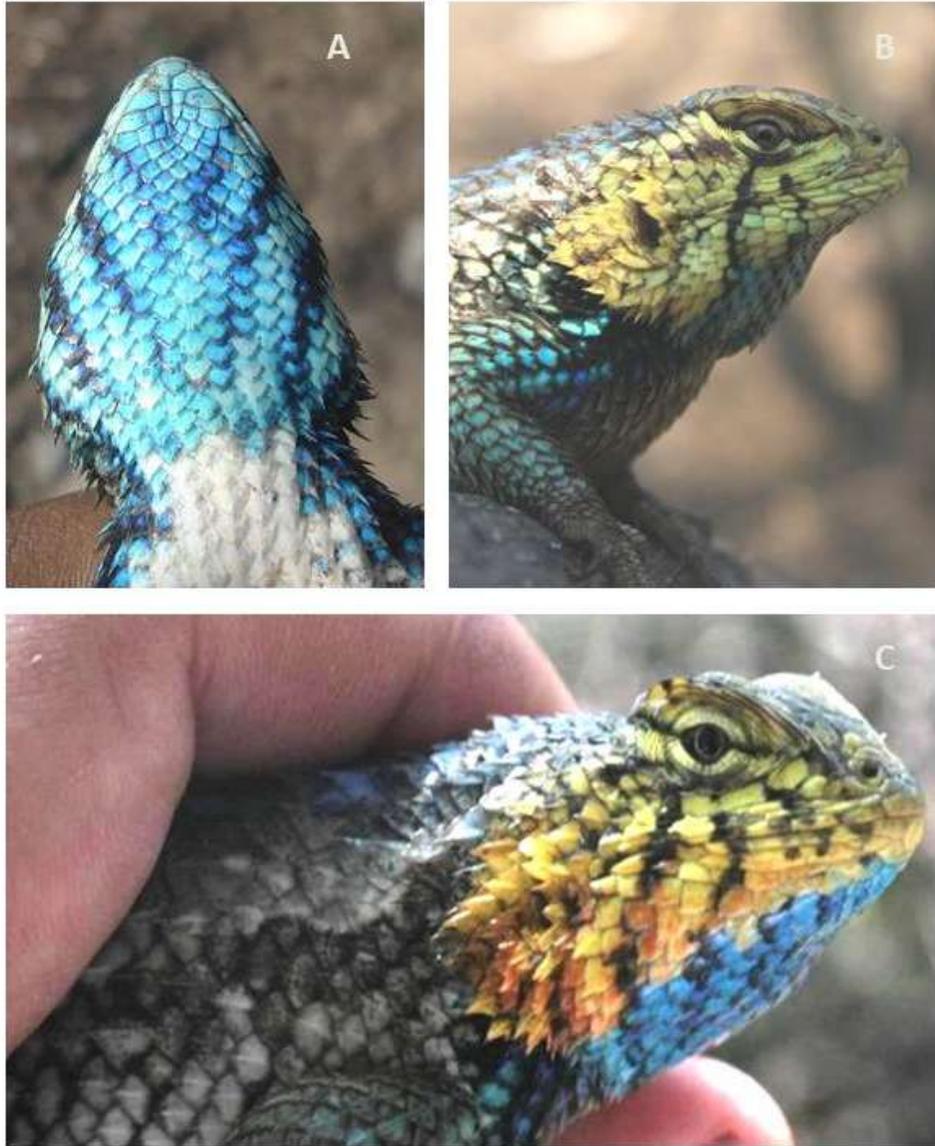


Fig. 2. Variaciones en el patrón de color de la garganta. A, macho con garganta de coloración híbrida entre azul claro y barras de color azul intenso. B, macho con garganta de color azul y bordes laterales de color amarillo con barras de color negro. C, machos con garganta de color azul y bordes laterales de color amarillo, rojo y barras de color negro.

Cuadro 1. Variación morfológica entre los tres patrones de color de la garganta de lagartijas *Sceloporus h. horridus* del Estado de Morelos. Las medidas son en milímetros, en paréntesis el valor mínimo y máximo, arriba el promedio, y abajo la desviación estándar. El asterisco indica diferencias significativas.

Caracteres	 Morfo Amarillo (Mam) n=176	 Morfo Azul (Maz) n=161	 Morfo Naranja (Mn) n=26	Prueba de <i>Duncan</i> entre los morfos
Longitud Hocico-Cloaca (LHC)	81.93* (71.0-100.8) ±7.45	91.97* (71.5-115.9) ± 10.18	83.54* (71.33-98.3) ±7.82	Mam vs. Maz D= 0.0000 Maz vs. Mn D=0.0000
Largo de la cabeza (LC)	21.33* (16.7-28.3) ±2.20	24.30* (16.6-30.7) ±2.71	21.92* (18.8-25.5) ± 1.84	Mam vs. Maz D= 0.0000 Maz vs. Mn D=0.0000
Alto de la cabeza (ALC)	11.91* (8.1-17.1) ±1.90	14.96* (9.8-23.7) ±2.48	13.07* (10.5-20.1) ±2.0	Mam vs. Maz D= 0.0000 Mam vs. Mn D= 0.0033 Maz vs. Mn D=0.0000
Ancho de la cabeza (ANC)	17.74* (13.6-24.4) ±4.70	20.83* (12.8-27.2) ±2.91	18.57* (15.3-22.5) ±1.96	Mam vs. Maz D= 0.0000 Azul vs. Mn D=0.0011
Longitud de la extremidad anterior (LEA)	30.40* (20.0-39.2) ±3.51	34.57* (24.4-45.3) ± 4.40	29.88* (24.7-41.0) ±3.47	Mam vs. Maz D= 0.0000 Maz vs. Mn D=0.0000
Longitud de la extremidad posterior (LEP)	43.38* (29.2-56.0) ±5.15	50.79* (34.2-68.3) ±6.30	29.88* (24.7-41.0) ±.47	Mam vs. Maz D= 0.0000 Maz vs. Mn D=0.0000

7.82,  $n=26$ ); y los del morfo amarillo (LHC  $81.93 \pm 7.45$ ,  $n=176$ ), que tuvieron las medidas del cuerpo más pequeñas (Cuadro 1).

El análisis discriminante mostró que los caracteres largo ( $\lambda= 0.6186$ ,  $P=0.0065$ ) y alto ( $\lambda= 0.6407$ ,  $P=0.0000$ ) de la cabeza, y longitud de las extremidades anteriores ( $\lambda= 0.6126$ ,  $P=0.0374$ ) y posteriores ( $\lambda=0.6193$ ,  $P=0.0052$ ) son los caracteres que mejor describen las diferencias entre los morfos identificados. Los valores Lambda de Wilks ( $\lambda$ ) fueron significativos para estos caracteres (Cuadro 2, Fig. 3).

Cuadro 2. Valores de lambda producto del análisis discriminante de seis caracteres de *S. horridus horridus*. Las variables que mejor separan a los tres morfos (amarillo, azul, naranja) son Largo de la cabeza (LC), Alto de la cabeza (ALC), Longitud de la extremidad anterior (LEA), Longitud de la extremidad posterior (LEP).\* indica diferencias significativas.

Caracteres	Wilks` Lambda ( $\lambda$ )	Lambda Parcial ( $\lambda$ )	F-remoción (2,351)	Nivel de la P
Longitud Hocico-Cloaca (LHC)	0.6027	0.9977	0.3954	0.6736
Largo de la cabeza (LC)	0.6186	0.9722	5.0945	0.0065*
Alto de la cabeza (ALC)	0.6407	0.9386	11.6592	0.0000*
Ancho de la cabeza (ANC)	0.6033	0.9968	0.5724	0.5646
Longitud de la extremidad anterior (LEA)	0.6126	0.9817	3.3144	0.0374*
Longitud de la extremidad posterior (LEP)	0.6193	0.9710	5.3215	0.0052*

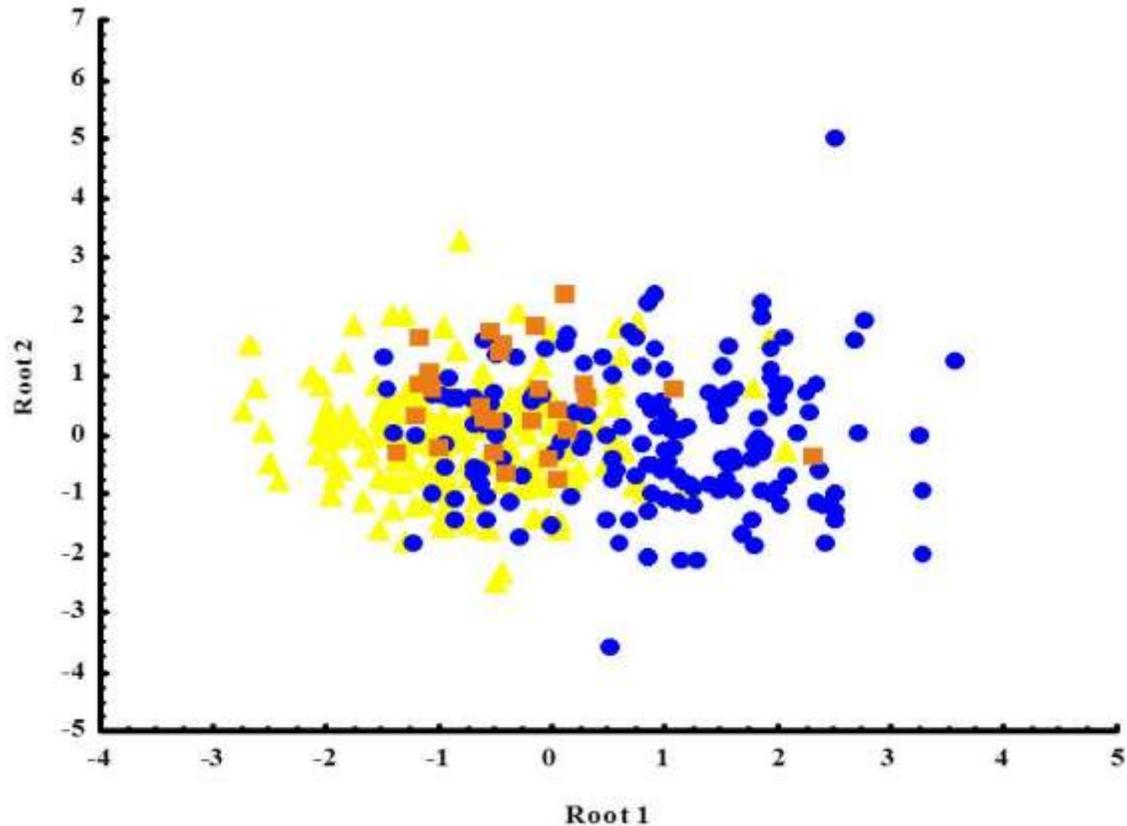


Fig. 3. Gráfico del análisis discriminante entre machos de *Sceloporus horridus horridus* donde se separan los tres morfos amarillo, azul y naranja. Los valores de lambda se muestran en el cuadro 2.

**Relaciones alométricas.** Existen correlaciones significativas entre la longitud hocico-cloaca (LHC) de cada morfo y el tamaño de la cabeza (LC, ALC, ANC) y las extremidades (LEA, LEP) (Cuadro 3). La correlación LHC/ALC del morfo naranja, fue el único valor no significativo ( $r=0.3331$ ,  $F_{1,25}= 3.12$ ,  $P= 0.0894$ ); lo mismo ocurrió en la comparación LC/ALC ( $r=0.3206$ ,  $F_{1,25}= 2.86$ ,  $P= 0.1029$ ). Solo hubo correlación significativa en la comparación ALC/ANC ( $r=0.5456$ ,  $F_{1,25}= 10.60$ ,  $P=0.0032$ ). También se obtuvieron correlaciones con valores relativamente bajos pero significativas, en las comparaciones LHC/ANC del morfo con garganta amarilla ( $r= 0.1937$ ,  $F_{1,174}=6.78$ ,  $P=$

0.0100), y en las comparaciones LHC/LEP ( $r= 0.4220$ ,  $F_{1,25}=5.41$ ,  $P=0.0282$ ) y LHC/ANC ( $r= 0.4597$ ,  $F_{1,25}= 6.70$ ,  $P=0.0158$ ) del morfo naranja.

Cuadro 3. Relaciones alométricas en machos de *Sceloporus horridus horridus* de los morfos de garganta amarilla, garganta azul y garganta naranja. *ns* indica no significativo.

Caracteres	Morfo Amarillo $n=176$	Prueba $F_{1,174}$	$P$	Morfo Azul $n=162$	Prueba $F_{1,160}$	$P$	Morfo Naranja $n=27$	Prueba $F_{1,25}$	$P$
LHC/LC	$r= 0.5288$	67.56	0.0000	$r= 0.7546$	211.63	0.0000	$r= 0.6478$	18.08	0.0002
LHC/ALC	$r= 0.5586$	78.92	0.0000	$r= 0.6173$	98.51	0.0000	$r=0.3331$	3.12	0.0894 <sup>ns</sup>
LHC/ANC	$r= 0.1937$	6.78	0.0100	$r= 0.7090$	161.81	0.0000	$r= 0.4597$	6.70	0.0158
LHC/LEA	$r= 0.6014$	98.61	0.0000	$r= 0.6841$	140.75	0.0000	$r= 0.5918$	13.47	0.0011
LHC/LEP	$r= 0.5370$	70.51	0.0000	$r=0.6968$	151.06	0.0000	$r= 0.4220$	5.41	0.0282

**Uso de hábitat.** Por el número de datos disponibles, no fue posible analizar el uso de micro hábitats del morfo naranja. Sin embargo, el análisis de los datos de los morfos de garganta amarilla y garganta azul reveló que usan tres distintos microhábitats. El 60 % de los ejemplares de garganta amarilla fueron observados en árboles, el 28.88 % en rocas y el 11.11% en suelo. De manera similar, el 51.16 % de los ejemplares de garganta azul fueron observados en árboles, el 39.53 % en rocas, y el 9.30 % en suelo. El análisis de *Chi-Cuadrada* mostró que no existen diferencias significativas en el uso de microhábitats entre los dos morfos ( $\chi^2= 1.11$ ,  $P= 0.05$ ,  $gl=1$ ).

## DISCUSIÓN

La variación en los patrones de color de la garganta (amarillo, azul, naranja) que se ha observado en los machos de *Sceloporus h. horridus*, y su relación con la morfología del cuerpo, revelan un acentuado dimorfismo sexual con relación a las hembras. Esto contrasta con lo registrado previamente por Valdéz-González & Ramírez-Bautista (2002), quienes no encontraron dimorfismo en esta especie. Una posible explicación para esta diferencia es que los autores referidos pudieron haber medido machos del morfo con garganta amarilla, cuyo tamaño de cuerpo registrado en este trabajo ( $81.93 \text{ mm} \pm \text{D. E. } 7.45, n=176, 71.0\text{--}100.8 \text{ mm}$ ) fue similar al observado en hembras ( $\text{LHC} = 81.8 \text{ mm} \pm \text{D. E. } 1.8, n=34, 60.0\text{--}100.0 \text{ mm}$ , Valdéz-González & Ramírez-Bautista 2002). Esto sugiere que la morfología de los machos con garganta amarilla, es similar a las hembras como ha sido observado previamente en machos de *Uta stansburiana* (Sinervo & Lively 1996). El elevado porcentaje de machos del morfo amarillo en la población de Morelos (48.5%) dan soporte a esta posible explicación.

A diferencia de lo esperado, los machos con garganta de color azul fueron los más grandes, en comparación con los machos de gargantas color amarillo o naranja, lo cual contrasta con lo observado previamente en otras especies. En *Urosaurus ornatus* y *Uta stansburiana* (Hover 1985, Sinervo & Lively (1996) los machos de color naranja suelen ser los más grandes y agresivos asimismo defienden territorios grandes. Sin embargo, de acuerdo con Wiens (2000), en phrynosomatidos no hay una asociación consistente entre la conducta y la morfología. Por ahora, nosotros no tenemos información sobre la conducta y defensa del territorio, asociado a los morfos que aquí se describen; no obstante, un estudio sobre este tema está en progreso.

Sugerimos que debido a la variación observada en este trabajo, *S. horridus horridus* es un buen modelo de estudio que permitiría probar varias hipótesis sobre patrones de color y aptitudes-morfológicas relevantes (*fitness*) (Langkilde & Boronow 2010); por ejemplo, la brillantes del color amarillo en aves, se ha asociado como un signo de buena inmunidad humoral (Dunn *et. al.* 2010).

Las variaciones en el tamaño de la cabeza (LC, ANC, ALC) son comunes en los machos de varias especies de saurios (Polychrotidae: *Anolis carolinensis*-Herrel *et al.*2007, Lacertidae: *Podarcis carbonelli*- Kaliontzopoulou *et al.* 2008, Sphenodontidae: *Sphenodon punctatus*- Herrel *et al.*2009, Agamidae: *Japalura swinhonis*- Kuo *et al.*2009, Iguanidae: *Sauromalus ater*- Lappin *et al.* 2006) y generalmente están asociadas con la fuerza de la mordedura y la capacidad de defensa del territorio, lo cual es de utilidad en los procesos de competición con otros machos.

Los machos del morfo azul tuvieron las cabezas más grandes (más largas, más altas y más anchas) que los machos de los morfos amarillo y naranja, y lo mismo ocurrió con las extremidades anteriores y posteriores. Esto se explica porque esas variables se comportan como una función del tamaño del cuerpo (LHC). Lo que parece sugerir que los machos de color azul podrían tener una defensa más activa del territorio y en consecuencia mejores aptitudes-morfológicas relevantes (*fitness*) (Langkilde & Boronow 2010) que los morfos amarillo y naranja. En *Sceloporus undulatus*, el color de los machos se ha sugerido que funciona como una señal sexual (Langkilde & Boronow 2010) porque es variable, es visible, está asociada con la dominancia (Smith & John-Alder 1999), y por la habilidad de acceso a componentes precursores para el desarrollar color (Cooper & Greenberg 1992).

Lo anterior revela que los patrones de color, están vinculados a varias características biológicas de las especies, con efectos subsecuentes sobre la selección. La permanencia de color asociada con la morfología constituye un caso típico de polimorfismo en machos, y contribuye a la discriminación sexual (Cooper & Burns 1987) con implicaciones en la reproducción y los procesos de especiación. De acuerdo con Gross (1996) no todos los miembros de un sexo se comportan de la misma manera, los fenotipos dentro de los sexos tienen diferentes tácticas reproductoras, con diferentes comportamientos, color, tamaño y estrategias de defensa (Sinervo & Lively 1996, Oliveira *et al.* 2008). En consecuencia, la variación en el tamaño de la camada que ha sido observada en poblaciones de *S. horridus horridus* (Fitch 1985, Valdéz-González & Ramírez-Bautista 2002) podría ser explicada en términos de una inversión reproductora diferente entre los tres morfos. Este tipo de variaciones han sido registradas previamente en varias especies de lagartijas (Sinervo & Lively 1996, Oliveira *et al.* 2008).

## LITERATURA CITADA

- Anderson, M.** 1994. *Sexual Selection*. Princeton University, Press, Princeton, NJ.
- Carretero, M. A.** 2002. Sources of colour pattern variation in Mediterranean *Psammodromus algirus*. *Netherlands Journal of Zoology*, 52: 43-60.
- Carpenter, G. C.** 1995. The ontogeny of a variable social badge: throat color development in tree lizards (*Urosaurus ornatus*). *Journal of Herpetology*, 29:7-13.
- Castro-Franco, R. & Bustos, Z. M. G.** 2003. Lagartijas de Morelos, México: distribución, hábitat y conservación. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 88:123-142.
- Cooper, W. E. & Greenberg, N.** 1992. Reptilian coloration and behavior. Pp. 298–422. *In* Biology of the Reptilia. Vol. 18. Physiology B. C. Gans y D. D. Crews (eds.), University of Chicago Press, Chicago.
- Corl, A., Davis, A. R., Kuchta, S. R., Comendant, T. & Sinervo, B.** 2010. Alternative mating strategies and the evolution of sexual size dimorphism in the side-blotched lizard, *Uta stansburiana*: A population-level comparative analysis. *Evolution*, 64:79–96.
- Cox, R. M., Skelly, S. L., Leo, A. & John-Alder, H. B.** 2005. Testosterone regulates sexually dimorphic coloration in the eastern fence lizard, *Sceloporus undulates*. *Copeia*, 3:597-608.
- Cooper Jr., W. E. & Burns, N.** 1987. Social significance of ventro lateral coloration in the fence lizard, *Sceloporus undulatus*. *Animal Behaviour*, 35:526–532.
- Dunn, P. O., Garvin, J. C., Whittingham, L.A., Freeman-Galant, C. R. & Hasselquist, D.** 2010. Carotenoid and melanin-based ornaments signal similar aspects of male quality in two populations of the common yellowthroat. *Functional Ecology*, 24:149-158.
- Fitch, H.** 1978. Sexual size differences in the genus *Sceloporus*. *University of Kansas Science Bulletin*, 51: 441-461.
- Fitch, H. S.** 1985. Variation in clutch and litter size in new world reptiles. *Miscellaneous Publication University of Kansas Museum of Natural History*, 76:1-75.

- Gray, S. M. & McKinnon J. S.** 2007. Linking color polymorphism maintenance and speciation. *Trends in Ecology and Evolution*, 22:71–79.
- Gross, M. R.** 1996. Alternative reproductive strategies and tactics: Diversity within sexes. *Trends in Ecology & Evolution* 11:A92–A98.
- Hamilton, P. S. & Sullivan, B. K.** 2005. Female mate attraction in ornate tree lizards, *Urosaurus ornatus*: a multivariate analysis. *Animal Behaviour*, 69: 219–224.
- Herrel, A., Mcbrayer, L. D. & Larson, P. M.** 2007. Functional basis for sexual differences in bite force in the lizard *Anolis carolinensis*. *Biological Journal of the Linnean Society* 91: 111–119.
- Herrel, A., Schaerlaeken, V., Moravec, J. & Ross C. F.** 2009. Sexual shape dimorphism in Tuatara. *Copeia* 4: 727–731.
- Hover, E. L.** 1985. Differences in aggressive behavior between two throat color morphs in a lizard, *Urosaurus ornatus*. *Copeia*, 4:933–940.
- Johnson, D. E.** 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thomson Editores. 566 p.
- Kaliontzopoulou, A., Carretero, M. A. & Llorente, G. A.** 2008. Head shape allometry and proximate causes of head sexual dimorphism in *Podarcis* lizards: joining linear and geometric morphometrics. *Biological Journal of the Linnean Society*, 93: 111–124.
- Kuo, C.Y, Lin, Y.T. & Lin, Y. S.** 2009. Sexual Size and Shape Dimorphism in an Agamid Lizard, *Japalura swinhonis* (Squamata: Lacertilia: Agamidae). *Zoological Studies*, 48: 351-361.
- Langkilde, T. & Boronow, K. E.** 2010. Color as a signal: The relationship between coloration and morphology in male eastern fence lizards, *Sceloporus undulatus*. *Journal of Herpetology*, 44:261-271.
- Lappin A. K., Hamilton, P. S. & Sullivan, B.** 2006. Bite-force performance and head shape in a sexually dimorphic crevice-dwelling lizard, the common chuckwalla [*Sauromalus ater* (=obesus)]. *Biological Journal of the Linnean Society*, 88: 215–222.

- Lemos-Espinal, J. A., Smith, G. H. & Ballinger, R. E.** 1996. Ventral blue coloration and sexual maturation in male *Sceloporus gadoviae* lizards. *Journal of Herpetology*, 30:546-548.
- Oliveira, R. F. , Taborsky, M. & Brockmann, H, J.** Eds. 2008. Alternative Reproductive Tactics: An Integrative Approach. Cambridge University Press, New York. 507 p.
- Sinervo, B. & C. M. Lively.** 1996. The rock-paper-scissors game and the evolution of alternative male strategies. *Nature*, 380:240-243.
- Smith, J. M.** 1962. Disruptive selection, polymorphism and sympatric speciation. *Nature*, 195:60–62.
- Smith, L. C. & John-Alder. H. B.** 1999. Seasonal specificity of hormonal, behavioral, and coloration responses to within- and between-sex encounters in male lizards (*Sceloporus undulatus*). *Hormones and Behavior*, 36:39–52.
- Valdéz-González, M. & Ramírez-Bautista, A.** 2002. Reproductive characteristics of the spiny lizards, *Sceloporus horridus* and *Sceloporus spinosus* (Squamata: Phrynosomatidae) from Mexico. *Journal of Herpetology*, 36:36-43.
- Vidal, M. A., Ortiz, J. C. & Labra, A.** 2007. Sexual and geographic variation of color patterns in *Liolaemus tenuis* (Squamata, Liolaeminae). *Gayana*, 71: 27-33.
- Wiens, J. J.** 2000. Decoupled evolution of display morphology and display behaviour in phrynosomatid lizards. *Biological Journal of the Linnean Society*, 70: 597–612
- Whiting, M. J., Nagy, K. A. & Bateman, P.W.** 2003. Evolution and maintenance of social status signaling badges: experimental manipulations in lizards. Pp. 47–82. *In Lizard Social Behavior*, S. F. Fox, J.K. McCoy y T.A. Baird, (Eds.) Johns Hopkins University Press, Baltimore.

## CAPITULO II

DIMORFISMO SEXUAL Y CICLO REPRODUCTOR DE *SCELOPORUS HORRIDUS*  
*HORRIDUS* (WIEGMANN 1939) (SAURIA: PHRYNOSOMATIDAE).

El 9 de agosto de 2013 11:38, gustavo Aguirre leon <[gustavo.aguirre@inecol.edu.mx](mailto:gustavo.aguirre@inecol.edu.mx)> escribió:

Estimado Rubén,

En anexo envío a tu atención la revisión por dos árbitros y el comité editorial a AZM 13-35. Los arbitrajes coinciden en que este escrito es aceptable con cambios menores. Se incluyen las observaciones de dos árbitros (árbitro 1: formato de arbitraje y texto comentado; árbitro 2: formato de arbitraje y texto comentado, más un artículo en pdf). En el texto en Word del árbitro 1 se han incluido también las correcciones editoriales.

Se anexa el instructivo para preparar trabajos para ser aceptados. Favor de revisar que se cumplan todas las indicaciones de este instructivo que apliquen al escrito en la versión corregida. Una vez corregido el documento deberá ser enviado a la atención del firmante en un plazo de tres semanas. **Agradeceré confirmar la recepción de este correo.**

Cordialmente

Gustavo Aguirre L.

Editor de Producción

Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)

Este capítulo está ajustado al formato de la *Revista Acta Zoológica Mexicana* (n.s.)

DIMORFISMO SEXUAL Y CICLO REPRODUCTOR DE *SCELOPORUS HORRIDUS*  
*HORRIDUS* (WIEGMANN 1939) (SAURIA: PHRYNOSOMATIDAE).

SEXUAL DIMORPHISM AND REPRODUCTIVE CYCLE OF *SCELOPORUS*  
*HORRIDUS HORRIDUS* (Wiegmann 1939) (SAURIA: PHRYNOSOMATIDAE).

Edward Roberto Valencia-Limón, Rubén Castro-Franco\* & María Guadalupe Bustos  
Zagal.

Laboratorio de Herpetología, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del  
Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Chamilpa 62209, Cuernavaca, Morelos, México. (RCF)  
[castro@uaem.mx](mailto:castro@uaem.mx), (MGBZ) [bustosgu@uaem.mx](mailto:bustosgu@uaem.mx)

\*Envío de correspondencia

Titulo corto: Dimorfismo y Reproducción de *Sceloporus horridus horridus*

## RESUMEN

Se estudió el dimorfismo sexual y el ciclo de reproducción de una población de *Sceloporus horridus horridus* en un ambiente de selva baja caducifolia en el centro de México. Los machos con una longitud hocico-cloaca de 90.66 mm (71.5-111.0) son significativamente más grandes que las hembras 86.32 mm (71.0–101.0). La actividad reproductora en ambos sexos es de tipo estacional y ocurre en el período primavera-verano como ha sido observado en varias especies ovíparas de ambientes de selva baja caducifolia. La vitelogénesis ocurre entre Marzo y Abril, y la espermatogénesis de Febrero a Marzo. Las hembras ovulan a fines de Abril y tienen huevos en los oviductos de Mayo a Julio. El peso promedio de los huevos fue 0.46 g (0.3-0.6) y el tamaño promedio de la nidada 15.3 huevos (10-20). El tamaño de la nidada tuvo relación positiva con el peso ( $r=0.669$ ) y la condición física de las hembras ( $r=0.676$ ). La masa relativa de la nidada tuvo un valor de 0.31 y es congruente con las predicciones para especies que tienen una conducta de forrajeo pasivo. El inicio de la actividad reproductora, y los picos más altos en la masa testicular tuvieron una relación positiva con la temperatura ( $r=0.508$ ), en las hembras la masa gonadal se relacionó positivamente con la precipitación ( $r=0.775$ ). La masa del hígado y cuerpo graso en hembras y machos, tuvieron una relación inversa con los picos de mayor actividad reproductora.

**Palabras clave:** Dimorfismo sexual y ciclo reproductor en *Sceloporus horridus horridus*.

## ABSTRACT

Sexual dimorphism and reproductive cycle were studied in a population of *Sceloporus horridus horridus* from a tropical dry forest in central Mexico. Males with 90.66 mm (71.5-111.0 mm  $\pm$  12.79 mm) snouth vent-length were larger than 86.32 mm (71.0 – 101.0  $\pm$  7.94) females. Reproductive activity is seasonal in both sexes and occurs in the period spring-summer as it has been observed in several oviparous species of tropical dry forest. The vitellogenesis occurs between March to April and the spermatogenesis from February to March. The ovulation occurs on late April and the eggs are in the oviducts between May-July. Mean eggs mass was 0.46 g (0.3-0.6) and clutch size mean was 15.3 eggs (10-20). Clutch size value was related significant to mass ( $r=0.669$ ) and physical condition of females ( $r=0.676$ ). The relative clutch-mass value was 0.31 as expected to the predictions for species of strategies sit and weight. The onset of reproductive activity in males was related with temperature ( $r=0.508$ ) and the females with precipitation ( $r=0.775$ ). The liver mass and liver fatty in males and females, had an inverse relationship with the highest peaks of breeding activity.

**Key words:** Sexual dimorphism and reproductive cycle of *Sceloporus horridus horridus*

## INTRODUCCIÓN

Las lagartijas tienen ciclos de reproducción estacionales y continuos con variaciones en las fases del ciclo, entre localidades y poblaciones de una misma especie, y aun dentro de una misma población entre distintos años (Fitch 1985, De Marco 1989, Ji & Brana 2000, Zamora-Abrego *et al.* 2007). Por lo común, los individuos de distintas poblaciones tienen variación en el número de puestas, tamaño de los huevos, tamaños de nidada, y en el tamaño de las hembras cuando alcanzan la madurez sexual (Tinkle *et al.* 1970), lo que ha sido interpretado como una respuesta adaptativa a los distintos ambientes (Abell 1999, Tinkle *et al.* 1970, Ballinger 1977). En lagartijas de zonas templadas los ciclos son más constantes en cuanto a la estacionalidad y duración y las características reproductoras también tienden a ser más constantes (Tinkle *et al.* 1970, Rodríguez-Romero *et al.* 2002, Rodríguez-Romero *et al.* 2004). En contraste, las especies de zonas tropicales suelen tener mayor variación en sus ciclos de reproducción y características reproductoras; y se sabe que este fenómeno está influenciado por factores como el fotoperíodo, temperatura, precipitación y la disponibilidad de alimento (Colli 1991, Dunham 1994, Ramírez-Bautista *et al.* 1995, Ramírez-Bautista & Vitt 1997, Ramírez-Bautista *et al.* 2000).

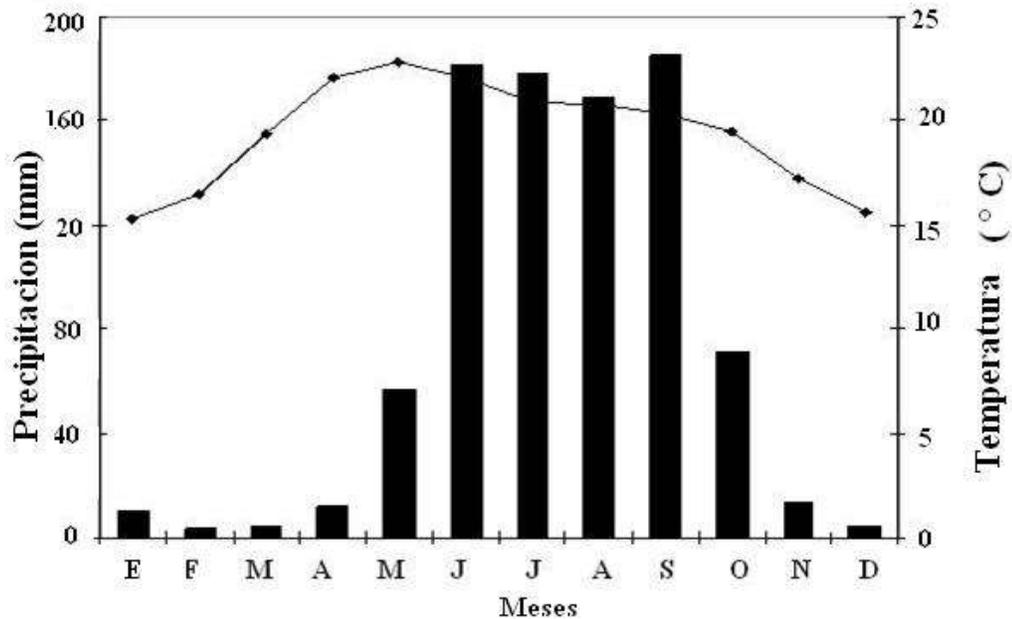
*Sceloporus h. horridus* es una especie ovípara con amplia distribución en varias localidades de México (Smith & Taylor 1950) y ambientes de selva baja caducifolia (Castro-Franco & Bustos 1994, Castro-Franco & Bustos 2003, Castro-Franco & Bustos 2006); no obstante su ciclo de reproducción es pobremente conocido (Fitch 1970, Fitch 1978, Fitch 1985, Castro-Franco 2002, Valdez-González & Ramírez-Bautista 2002). Si bien es cierto que las características reproductoras de esta especie han sido estudiadas previamente (Valdez-González & Ramírez-Bautista 2002), la información disponible es

una mezcla de datos obtenidos de ejemplares depositados en museo, provenientes de distintas localidades y de distintas épocas. En consecuencia, la variación geográfica que suele caracterizar la actividad reproductora, debido a su estrecha relación con los parámetros ambientales, hace inapropiado extrapolar el ciclo de reproducción para una especie, con base en este tipo de muestreo.

Por lo anterior, y con el objeto de generar información que en el futuro permita realizar análisis comparativos con poblaciones de otras áreas, en este trabajo se presenta información sobre el dimorfismo sexual, el ciclo de reproducción de machos y hembras y las características reproductoras de una población de *S. horridus horridus* de que vive en un ambiente de selva baja caducifolia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** Se ubica en la localidad el Jagüey ( $18^{\circ}47.9' 77''$  LN,  $99^{\circ}06.6' 89''$  LO, 1035 msnm) en el municipio de Tlaltizapan, al oriente del área natural protegida Sierra Monte Negro, Morelos, en el centro de México. La vegetación en el sitio es selva baja caducifolia con clima semicálido subhúmedo, lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal menor de 5 % (García 1988). La precipitación (P) media anual es de 900 mm (800-1,000 mm), temperatura (T) media anual mayor de  $22^{\circ}$  C y cociente P/T menor de 43.2. Existe un período de sequía de noviembre a mayo y un periodo de lluvias entre junio y octubre, con la máxima precipitación (200 mm) en septiembre (Figura 1). En la zona de estudio la primavera ocurre entre los meses de abril a junio, el verano de julio a septiembre, el otoño de octubre a diciembre y el invierno de enero a marzo.



**Figura 1.** Climograma de la estación climatológica Yautepec, Morelos (18° 53' 0.15" LN, 99° 04' 3" LO). Las barras oscuras representan la precipitación y la línea la temperatura.

**Trabajo de campo y laboratorio.** Por medio de capturas mensuales ( $x=7$ ) obtuvimos 45 machos y 41 hembras, todos adultos entre mayo de 2002 y abril de 2003. Los especímenes fueron trasladados al laboratorio donde fueron sacrificados con inyecciones de pentobarbital sódico vía intraperitoneal. Con el material en fresco y usando un vernier digital (1.0 mm) registramos la longitud hocico-cloaca (LHC) en mm, y peso en gramos, en una balanza digital (0.1 g). Posteriormente, los ejemplares fueron disecados para extraer el hígado, cuerpo graso, y gónadas. Los órganos obtenidos fueron pesados con una balanza analítica de 0.01 g de precisión. En hembras, el peso de los ovarios de ambos lados del

cuerpo se utilizó para calcular la masa gonadal total (MGT), adicionalmente se realizó el conteo de folículos ováricos con vitelo y de huevos en los oviductos. De cada huevo se registró largo, ancho y peso en gramos. El tamaño mínimo de cuerpo, cuando las hembras alcanzan la madurez sexual, fue calculado con el promedio de la LHC de las hembras más pequeñas que contenían folículos vitelados o huevos en el oviducto. El tamaño de la nidada fue obtenido por el conteo de todos los huevos, y la masa total de la nidada por la suma del peso de todos los huevos. La masa relativa de la nidada (MRN), fue calculada dividiendo el peso de todos los huevos de una nidada entre peso de cada hembra sin huevos (Shine 1992). El volumen de cada huevo fue calculado con la ecuación de un elipsoide  $V = 4/3 \pi (\frac{1}{2} L) (\frac{1}{2} W)^2$  donde  $L$  es la longitud y  $W$  es la amplitud (Selby 1965). En machos obtuvimos el peso, largo y ancho de ambos testículos. El tamaño mínimo de los machos cuando alcanzan la madurez sexual, fue obtenido a partir del promedio de la LHC de los ejemplares más pequeños con testículos agrandados.

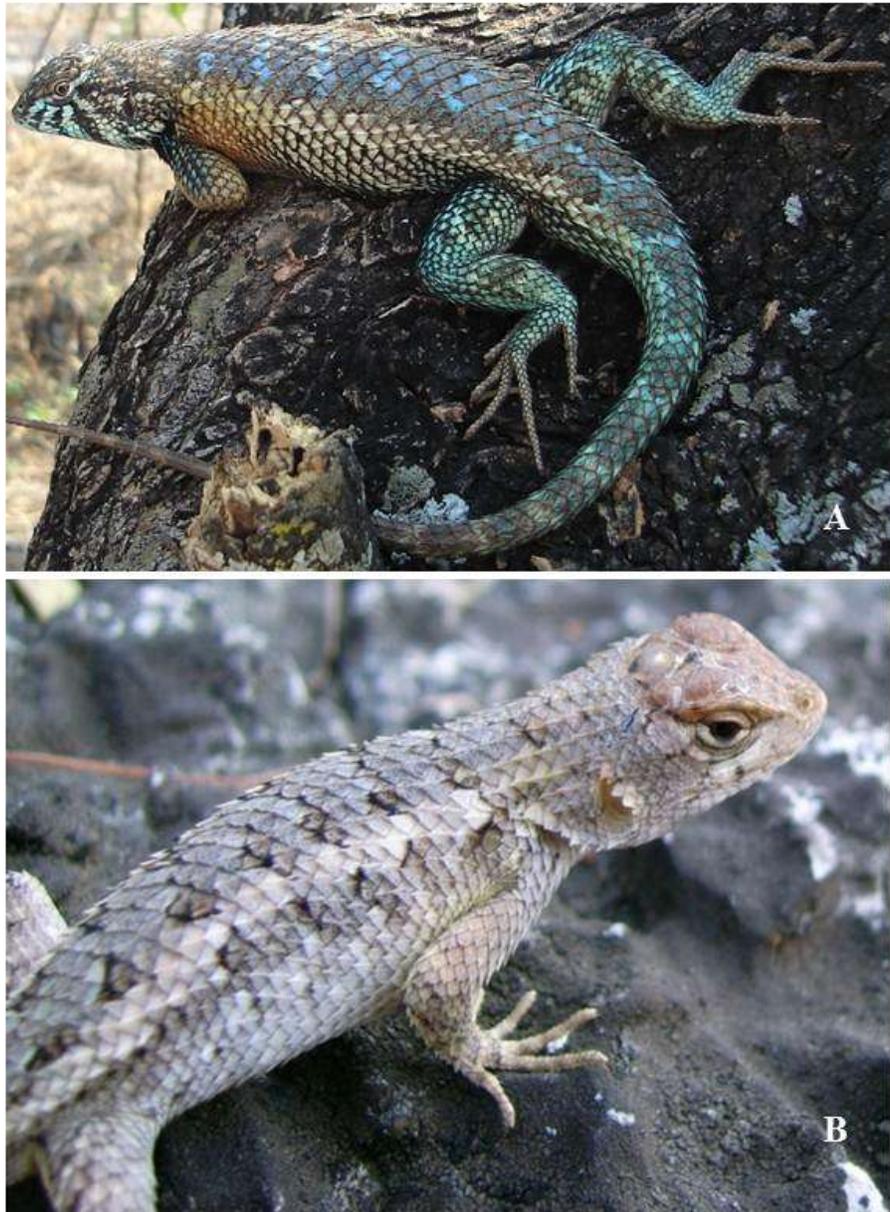
**Análisis estadísticos.** Con los datos de LHC se obtuvo el promedio, desviación estándar (D.E), valores mínimo y máximo. Usamos una prueba de *t-student* para comparar los promedios de LHC de machos y hembras, y el coeficiente de variación CV fue calculado con el cociente  $CV = D. E / \text{promedio} \times 100$ ; asimismo, se calculó un índice de dimorfismo sexual con el cociente LHC de machos/ LHC de hembras. El efecto del peso, y la Condición Física de las hembras ( $CF = (\text{Peso de la hembra} / \text{LHC}) \times 100$ ) sobre la variable dependiente número de huevos, fue estimado con análisis de regresión lineal simple. Con los datos de peso los órganos, ajustados a la normalidad por medio de  $\log_{10}$ , utilizamos análisis de covarianza (ANCOVA) para estimar la variación en el peso del hígado y cuerpo graso a lo largo del año, donde el mes determina la variación y la LHC es la

covariable. Las diferencias entre los meses fueron estimadas con pruebas *post hoc* de Tukey. El efecto de los factores ambientales temperatura y precipitación de la zona de estudio, sobre las variables dependientes variación en la masa de los testículos en machos y variación en la masa gonadal total en hembras, fue estimado con análisis de regresión lineal múltiple.

## RESULTADOS

**Dimorfismo sexual.** Las hembras sexualmente maduras tienen un tamaño promedio de LHC  $86.32 \text{ mm} \pm \text{D. E } 7.94 \text{ mm}$  (71.0–101.0 mm, CV= 9.19,  $n= 41$ ) y los machos de  $90.66 \text{ mm} \pm \text{D. E } 12.79 \text{ mm}$ , (71.5-111.0 mm, CV=14.10,  $n=45$ ), lo que revela que los machos son significativamente más grandes que las hembras ( $t=8.52$ ,  $p \leq 0.05$ ,  $n=84$ ); sin embargo los dos sexos logran la madurez cuando llegan a un tamaño promedio de cuerpo de 71.5 mm de LHC ( $n= 14$ ) (Figura 2). El valor del índice de dimorfismo en tamaño de cuerpo fue de 1.05.

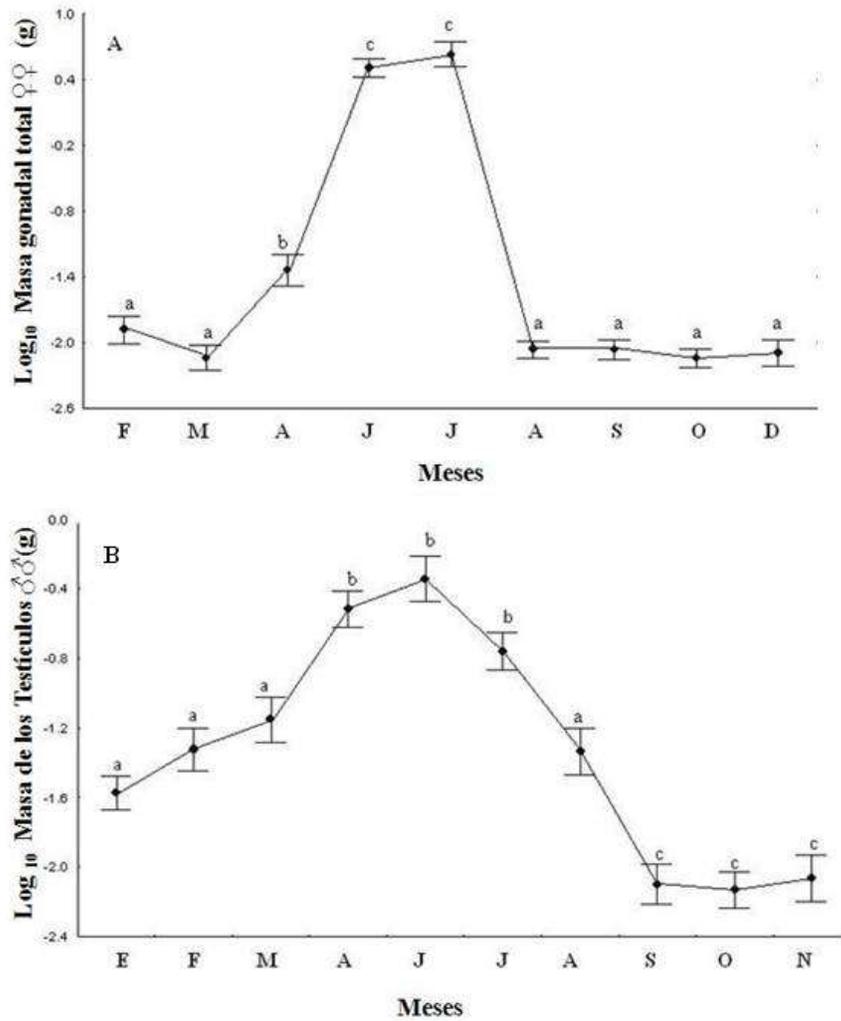
**Ciclo reproductor de las hembras.** La masa gonadal total de las hembras mostró variación significativa durante el año (ANCOVA  $F_{8,29}=156.32$ ,  $p \leq 0.0001$ ). Los valores más altos que revelan el inicio y el pico de actividad reproductora, fueron observados entre los meses del período de abril a julio, y los valores más bajos en el periodo de inactividad, que ocurre entre los meses de agosto a marzo. El primer incremento notable en la masa gonadal ( $x= 0.044 \text{ g}$ ), fue observado a fines de marzo y principios del mes de abril cuando inicia la vitelogénesis. En este período los folículos tienen un tamaño promedio de  $2.67 \text{ mm} \pm \text{D. E. } 2.0 \text{ mm}$ , y alcanza los valores más altos durante junio ( $x=0.446 \text{ g}$ ) y julio ( $x=0.602 \text{ g}$ ) con folículos de  $5.37 \text{ mm} \pm \text{D. E } 1.60 \text{ mm}$ , para disminuir en el mes de agosto ( $x=0.010 \text{ g}$ )



**Figura 2.** **A** Coloración dorsal de machos y **B** coloración dorsal de hembras de *Sceloporus horridus horridus* en la localidad el Jagüey, Tlaltizapan, Morelos.

(Figura 3A). La ovulación ocurre a fines del mes de abril, y las hembras tuvieron huevos en los oviductos desde de la primera semana del mes de mayo hasta la primera mitad del mes de julio. Las primeras parejas fueron observadas en campo a partir de la primera semana de mayo. Dos hembras capturadas a principios de julio tenían en promedio 10 huevos en los oviductos  $\pm$  D. E. 4.24 (10-13, CV=42.42) con tamaño promedio de 15.06 mm  $\pm$  D. E. 0.304 (10-13, CV=2.08).

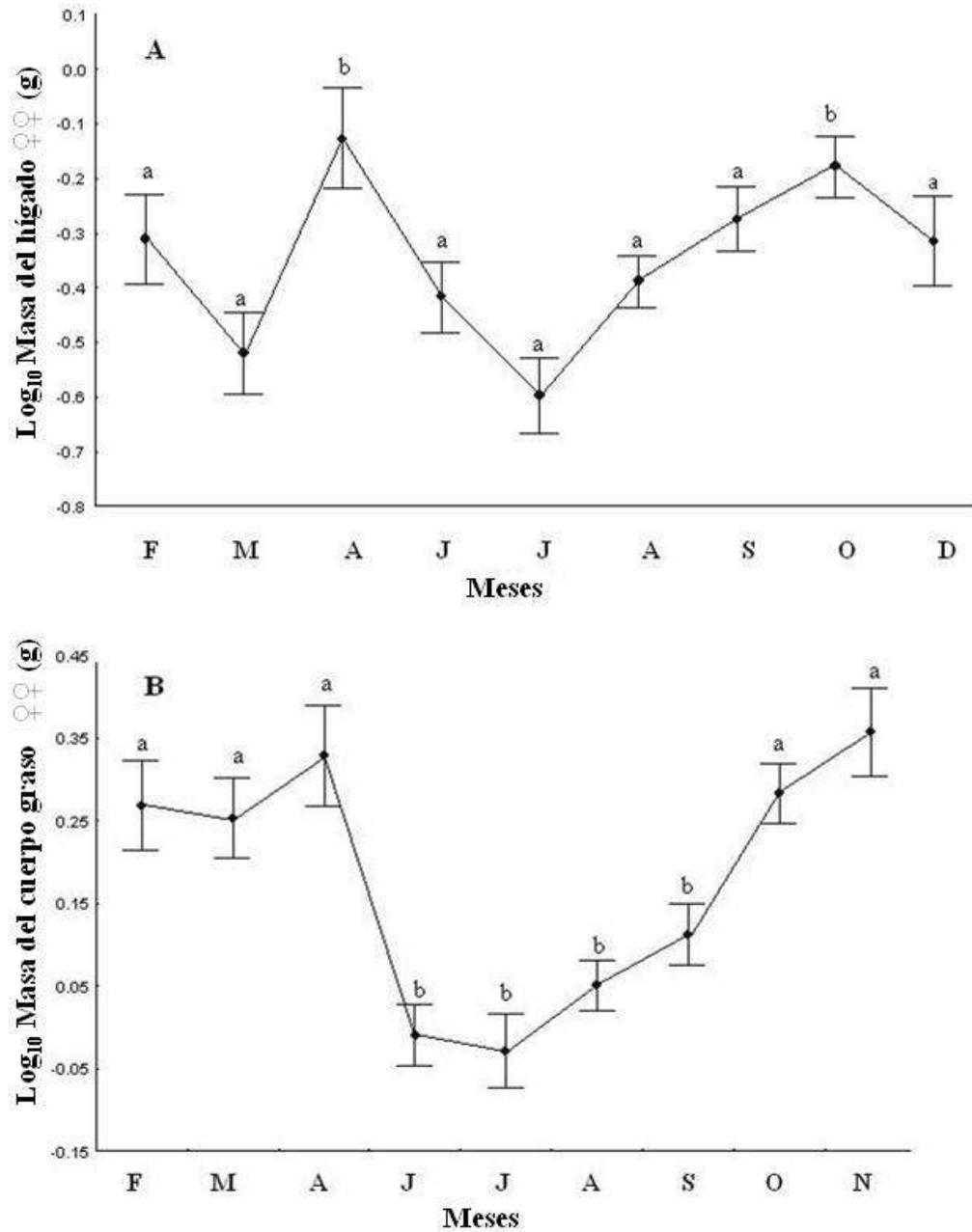
El inicio de la actividad reproductora y los picos más altos en la masa gonadal total de las hembras tuvo correlación significativa con la precipitación ( $r=0.775$ ,  $F_{2,19}=14.30$ ,  $p=0.000162$ ), pero no con la temperatura ( $r=0.119$ ,  $F_{2,19}=0.2873$ ,  $p=0.5978$ ). El tamaño promedio de la nidada fue de 15.3 huevos  $\pm$  D. E. 2.87 (10-20,  $n = 9$ ) y no fue estadísticamente diferente ( $\chi^2= 0.0543$ ,  $gl 1$ ,  $p=0.05$ ), del promedio calculado a partir del número de folículos ováricos con vitelo 13.35  $\pm$  D. E. 4.60 (8-26,  $n=28$ ). El peso promedio del huevo fue 0.46 g  $\pm$  D. E. 0.089 (0.3-0.6,  $n=79$ ), con un largo de 13.6 mm  $\pm$  D. E. 2.19 (9.0-16.3,  $n=79$ ) y un ancho de 8.70 mm  $\pm$  D. E. 0.63 (7.14-10.9,  $n=79$ ). La masa promedio de la nidada fue 7.35 g  $\pm$  D. E. 2.18 (4.4-9.9,  $n= 6$ ), con un volumen promedio de 3.76 ml  $\pm$  D. E. 0.68 (2.7-4.6,  $n=6$ ) y una MRN con valor de 0.31  $\pm$  D. E. 0.081(0.16-0.39,  $n=6$ ). El tamaño de la nidada tuvo una correlación significativa con el peso ( $r=0.669$ ,  $F=5.67$ ,  $p=0.04873$ ,  $n=9$ ) y la Condición Física ( $r=0.676$ ,  $F=5.89$ ,  $p=0.04553$ ,  $n=9$ ) de las hembras, pero no con la LHC. En campo, las primeras crías fueron observadas a principios de septiembre. En condiciones de laboratorio, la incubación de 24 huevos provenientes de dos hembras ( $x=12$  huevos por hembra) que ovipositaron el 20 de junio, después de 56 días produjeron crías con LHC promedio de 25.9 mm (23.6-28.9) y peso de 0.6 g (0.4-0.7).



**Figura 3.** A variación de la masa gonadal total (MGT) en hembras, B variación en la masa de los testículos en machos de *Sceloporus horridus horridus*. Los puntos representan la media ajustada por el ANCOVA y las líneas ± el error estándar (EE). Los meses con letras iguales indican valores semejantes y los meses con letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba *post hoc* de Tukey.

Aunque por lo general la masa del hígado de las hembras se mantiene con variaciones (Figura 4A), hubo incrementos notables en la masa de este órgano en dos diferentes meses del año (ANCOVA  $F_{8,29}=5.51$ ,  $p \leq 0.0003$ ). El primer pico fue observado en el mes de abril ( $x_{\log_{10}} = -0.01$ ,  $x=0.977$  g) cuando inicia la vitelogénesis y luego cae justo cuando este proceso continúa (Figura 4A). El otro valor más alto fue observado en el mes de octubre ( $x_{\log_{10}} = -0.18$ ,  $x=0.660$  g) cuando la reproducción ha concluido. Este patrón de variación también fue observado en la masa del cuerpo graso (ANCOVA  $F_{8,31}=9.61$ ,  $p \leq 0.0001$ ). Durante febrero, marzo y abril, la masa del cuerpo graso de las hembras se mantuvo sin cambios; sin embargo en el período de junio a septiembre, mostró una reducción significativa (Figura 4B), lo que coincide con el período de mayor actividad reproductora (Figura 3A). A fines del año entre los meses de octubre a noviembre, el cuerpo graso vuelve a incrementar su masa hasta lograr valores similares como los observados durante los primeros meses del año (Figura 4B).

**Ciclo reproductor de los machos.** De manera similar a lo que ocurre en hembras, la masa de los testículos mostró variación durante el año (ANCOVA  $F_{9,33}=37.08$ ,  $p \leq 0.0001$ ). El periodo de actividad reproductora es de marzo a julio y el de inactividad de septiembre a febrero. El primer incremento en la masa de los testículos debido a la espermatogénesis, fue observado en ejemplares capturados en febrero ( $x=0.047$  g) y marzo ( $x=0.052$  g) dos meses antes que el inicio de la actividad reproductora en hembras. Los picos más altos, que revelan la máxima actividad reproductora fue observados en el periodo de abril ( $x=0.377$  g) a junio ( $x=0.416$ ) y comienza a declinar en julio ( $x=0.175$  g) cuando inicia la regresión testicular. Estos valores fueron estadísticamente diferentes ( $Tukey=0.000717$ ) a los



**Figura 4.** A variación en la masa del hígado, **B** variación en la masa del cuerpo graso en hembras de *Sceloporus horridus horridus*. Los puntos representan la media ajustada por el ANCOVA y las líneas  $\pm$  el error estándar (EE). Los meses con letras iguales indican valores semejantes y los meses con letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba *post hoc* de Tukey.

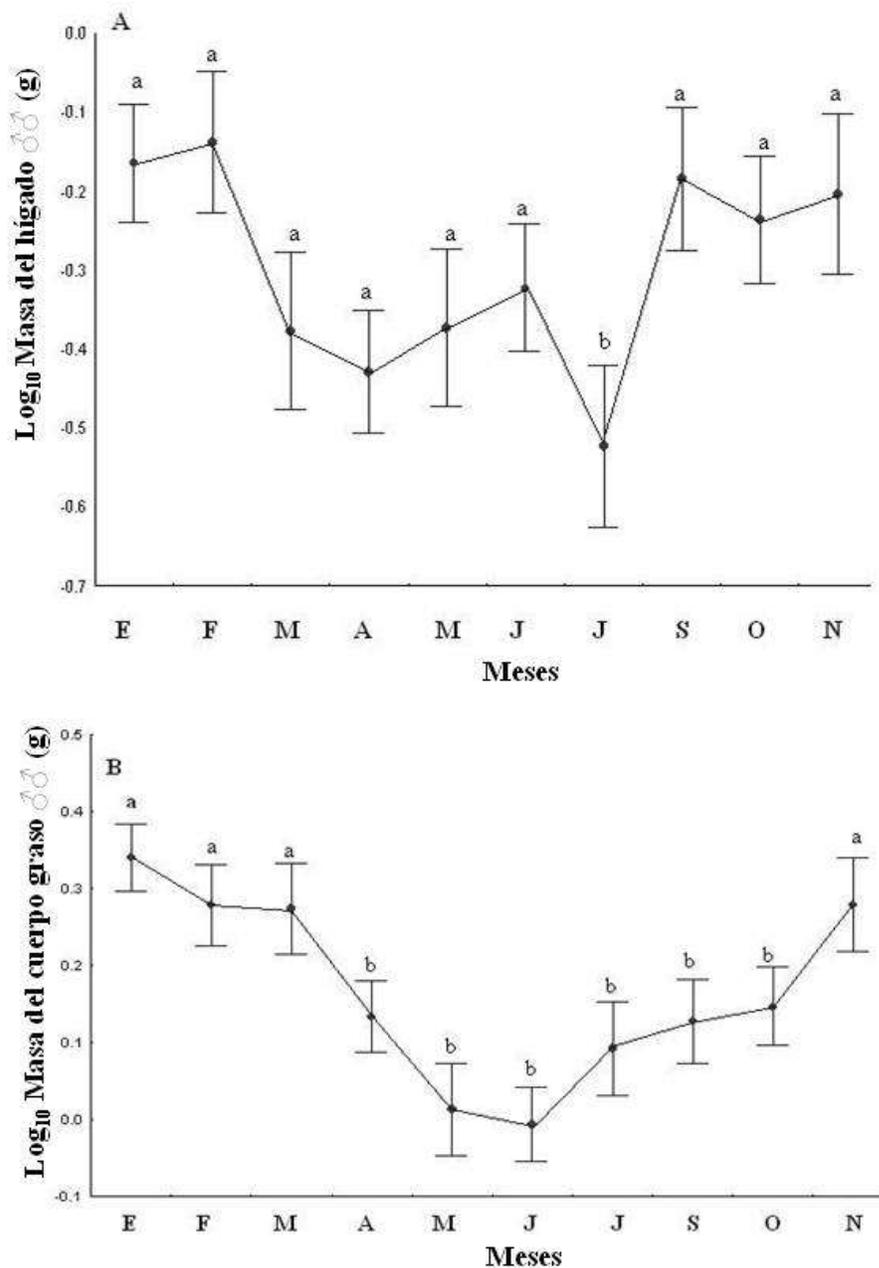
observados en los meses del periodo agosto-noviembre (Figura 3B). Todo ello indica que la actividad reproductora ocurre en el período primavera-verano.

El inicio de la actividad reproductora y los picos más altos en la masa de los testículos estuvo relacionada significativamente con la temperatura ( $r=0.508$ ,  $F_{2,29}=5.19$   $p= 0.0118$ ) pero no con la precipitación ( $r =0.087$ ,  $F_{2,29}= 0.2290$ ,  $p= 0.6356$ ).

De la misma manera como ocurre en las hembras, la masa del hígado en machos, mostró variación durante el año (ANCOVA  $F_{9,34}=2.42$ ,  $p\leq 0.03$ ). La prueba de *Tukey* mostró que solo el mes de julio ( $x_{\log_{10}} = - 0.52$ ,  $x= 0.301\text{g}$ ) fue significativamente diferente del resto de los meses (Figura 5A). Esta variación también fue observada en la masa del cuerpo graso, donde los meses de abril a octubre (Figura 5B) difieren significativamente (ANCOVA  $F_{9,33} = 4.65$ ,  $p\leq 0.0005$ ) de los meses de noviembre a marzo. La masa del cuerpo graso se reduce justo cuando se alcanza el pico en la masa testicular (Figura 3B).

## DISCUSIÓN

El tamaño promedio del cuerpo de los machos (90.66 mm) y hembras (86.32 mm), sexualmente maduros registrado en este trabajo fue, 7.46 mm más grande en machos y 4.52 mm en hembras, que el descrito previamente en especímenes obtenidos en varias localidades de Morelos (Cuautla, Cuernavaca, el Rodeo) y Guerrero (Alcozauca, Huitzucó y Zumpango, Valdez-González & Ramírez-Bautista 2002). Aunque ambos sexos alcanzaron la madurez reproductora cuando su tamaño de cuerpo llegó a los 71.5 mm LHC, los machos fueron significativamente más grandes que las hembras. Estos datos son diferentes a los observados por Valdez-González & Ramírez-Bautista (2002), quienes no encontraron diferencias en la LHC de los dos sexos. Sugerimos que la diferencia se puede



**Figura 5.** **A** variación en la masa del hígado, **B** variación en la masa del cuerpo graso en machos de *Sceloporus horridus horridus*. Los puntos representan la media ajustada por el ANCOVA y las líneas  $\pm$  el error estándar (EE). Los meses con letras iguales indican valores semejantes y los meses con letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba *post hoc* de Tukey.

atribuir a factores metodológicos y a factores geográficos estacionales. En nuestro análisis, usamos la LHC de machos y hembras adultos, de una sola localidad, y con evidencia de actividad reproductora. En contraste, los autores citados, usaron datos de “*el 50% de los machos y hembras sexualmente maduros más grandes*” provenientes de varias localidades y años. Estos elementos son los que pudieron haber contribuido a marcar las diferencias aquí señaladas. El efecto de la variación geográfica sobre las características reproductoras, entre poblaciones de una misma especie ha sido documentado previamente en lagartijas de zonas desérticas, templadas y de trópico seco (McCoy *et al.* 1994, Ramírez-Bautista *et al.* 2004, Hernández-Salinas *et al.* 2010, Bustos *et al.* 2011); en consecuencia, sugerimos que la ausencia de un marcado dimorfismo en el tamaño de cuerpo puede ser producido por la mezcla de datos de diferente origen.

El dimorfismo sexual en el tamaño de cuerpo que se ha observado en este trabajo, es común en varias especies de lagartijas del género *Sceloporus* (Fitch 1978, Lemos-Espinal *et al.* 1999, Ramírez-Bautista & Olvera-Becerril 2004), y se ha propuesto que ocurre, porque la selección favorece distintos tamaños de cuerpo en machos (*hipótesis de la selección intrasexual*), y diferentes tamaños de cuerpo en hembras (*hipótesis de la ventaja en fecundidad*) (Cox *et al.* 2003). En un estudio en proceso sobre la morfología de machos, tenemos identificado polimorfismo asociado con el color de la garganta (*observación personal*), lo que sustenta la *hipótesis de la selección intrasexual*. En la población estudiada (Figura 2) fue frecuente un patrón de coloración azul en la región gular y ventral de los machos, lo que contribuyó a identificar un acentuado dimorfismo en *S. horridus horridus*. La conexión entre color ventral y madurez sexual ha sido observada en varias especies de lagartijas como *Iberolacerta monticola*, *Podarcis bocagei*, *Psamodrommus algeris*, *S.*

*gavodiae* y *Uta stansburiana* entre otras (Cooper & Greenberg 1992, Lemos *et al.* 1996, Sinervo & Lively 1996, Carretero 2002, Galán 2008).

La actividad reproductora en ambos sexos es de tipo estacional y ocurre en el período primavera-verano como ha sido observado en varias especies ovíparas de ambientes de selva baja caducifolia (*S. siniferus*-Davis & Dixon 1961, *S. orcutti*-Mayhew 1963, *S. cozumela*, *S. chrysostictus*, *S. graciosus*, *S. magister*, *S. olivaceus*-Fitch 1970, Fitch 1978, *S. gadoviae*-Lemos-Espinal *et al.* 1996, *Cophosaurus texanus*-Maury 1999, *S. pyrocephalus*-Ramírez-Bautista & Olvera-Becerril 2004, *S. melanorhinus*-Ramírez-Bautista *et al.* 2006, *S. ochoterenae*-Bustos *et al.* 2011) y en otras poblaciones de *Sceloporus horridus* (Valdez-González & Ramírez-Bautista 2002). La reproducción en machos inicia a fines de febrero, con los valores más altos en el peso de los testículos, en el período de Abril-Junio; después disminuye progresivamente entre Julio y Agosto, finalizando en Septiembre. Los machos inician la actividad reproductora dos meses antes que las hembras. En consecuencia de ello, y de acuerdo con nuestros datos, sugerimos que esto ocurre porque la espermatogénesis es iniciada por los primeros incrementos en la temperatura del ambiente, como ha sido comentado anteriormente ( $r=0.508$ ), y porque entre Febrero-Marzo comienzan a incrementarse las temperaturas (Figura 2). Las hembras por el contrario, comienzan a depositar vitelo en respuesta a las primeras lluvias del año ( $r=0.775$ ) que en la zona de estudio ocurren a fines de abril y principios de mayo. Las hembras tuvieron huevos en los oviductos entre mayo y julio y ovipositaron desde la segunda mitad de julio hasta principios de agosto. Este patrón de actividad reproductora en primavera-verano es típico de las especies de zonas tropicales secas (Davis & Dixon 1961,

Fitch 1970, Ramírez-Bautista & Olvera-Becerril 2004, Ramírez-Bautista & Gutiérrez-Mayen 2003, Lemos-Espinal *et al.* 1999, Bustos *et al.* 2011).

En relación con la variación en la masa de los órganos, el hígado tuvo dos incrementos notables, uno antes del inicio de la actividad reproductora y el otro al final de este mismo período. Este patrón se explica porque antes de la reproducción el hígado incrementa su actividad metabólica para producir vitelogenina, que más tarde se almacena en los cuerpos grasos y se utiliza para la reproducción (Ballinger 1977, Mojica *et al.* 2003). Los valores bajos observados, en el peso del hígado y del cuerpo graso de machos y hembras después de la reproducción, revelan la cantidad de energía que requiere este proceso. El patrón de correlación inversa entre la actividad reproductora vs. masa del hígado y cuerpo graso, ha sido observado previamente en varias especies de lagartijas de ambientes tropicales y de zonas templadas como *Anolis nebulosus*, *Cnemidophorus lineatissimus*, *Eurolophosaurus nanuzae*, *S. jarrovi*, *S. formosus* y *S. grammicus* (Galdino *et al.* 2003, Guillette & Sullivan 1985, Ramírez-Bautista & Vitt 1997, Ramírez-Bautista *et al.* 2000, Ramírez-Bautista *et al.* 2002, Ramírez-Bautista *et al.* 2009) y se explica porque estos órganos están involucrados en el desarrollo de la vitelogénesis y espermatogénesis (Bonnet *et al.* 2001, Rosen & Wade 2001, Klukowski *et al.* 2004).

El tamaño de la nidada en la población estudiada (15.3 huevos) es muy similar al observado en ejemplares de Cuautla y Cuernavaca (14.8 huevos, Valdéz-González & Ramírez-Bautista 2002). Sin embargo, es diferente del observado en ejemplares de Chilpancingo (12 huevos, Davis & Dixon 1961). Esta diferencia ha sido interpretada como una respuesta a los factores ambientales locales donde se desarrollan las poblaciones y a factores de índole demográfico (Ramírez-Bautista *et al.* 2003, Mojica *et al.* 2003, Shine

2003). El registró de una hembra con siete huevos a fines del mes de julio, sugiere que las hembras tienen diferentes periodos de puesta, como ha sido observado previamente en *S. spinosus* (Méndez-de la Cruz *et al.* 2013). La retención de huevos en los oviductos por la ausencia de humedad apropiada para la incubación, es una característica que ha sido observada en hembras de lagartijas sceloporinas del grupo *spinosus* (Calderón-Espinosa *et al.* 2006).

La masa de la nidada y la MRN tuvieron valores altos, en congruencia con las predicciones para especies que tienen una conducta de forrajeo pasivo (Cooper 1994). Por otro lado, el tamaño del huevo parece ser un carácter fijo, debido a que en este trabajo no se observaron variaciones con relación a lo descrito previamente (Valdéz-González & Ramírez-Bautista 2002). Esto permite sugerir que la estrategia de reproducción de esta especie, entre las distintas localidades es modificar el tamaño de la nidada vía número de huevos, más no mediante variación del tamaño del huevo, en relación directa con el peso y la condición física de las hembras como se ha señalado arriba.

## LITERATURA CITADA

- Abell, A. J.** 1999. Variation in clutch size and offspring size relative to environmental conditions in the lizard *Sceloporus virgatus*. *Journal of Herpetology*, 33:173-180.
- Ballinger, R. E.** 1977. Reproductive strategies: food availability as a source of proximal variation in a lizard. *Ecology*, 58:628-635.
- Bonnet, X., Naulleau, G. & Mauget, R.** 1994. The influence of body condition on 17- $\beta$  estradiol levels in relation to vitellogenesis in female *Vipera aspis* (Reptilia, Viperidae). *General and Comparative Endocrinology*, 93:424-437.
- Bustos Z. M. G., Méndez de la Cruz, F. R. & Castro-Franco, R.** 2011. Ciclo reproductor de *Sceloporus ochoterenae* en el estado de Morelos, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82:589-597.
- Calderón-Espinoza, M. L., Andrews, R. M. & Méndez-de la Cruz, F. R.** 2006. Evolution of egg retention in the *Sceloporus spinosus* group: exploring the role of physiological environmental and phylogenetic factors. *Herpetological Monographs*, 20:147-158.
- Carretero, M. A.** 2002. Sources of color pattern variation in Mediterranean *Psamodrommus algirus*. *Netherlands Journal of Zoology*, 52:43-60.
- Castilla, A. M. & Bauwens, D.** 2000. Reproductive characteristics of the lacertid *Prodarcis atrata*. *Copeia*, 3:748-756.
- Castro-Franco, R.** 2002. Historia Natural de Lagartijas de Morelos, México. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. 111 Pp.
- Castro-Franco, R. & Bustos, Z. M. G.** 1994. List of reptiles of Morelos, and their distribution in relation to vegetation types. *Southwestern Naturalist*, 39:171-175.

- Castro-Franco, R. & Bustos, Z. M. G.** 2003. Lagartijas de Morelos, México: distribución, hábitat y conservación. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 88:123-142.
- Castro-Franco, R. & Bustos, Z. M. G.** 2006. Herpetofauna de las áreas naturales protegidas Corredor Biológico Chichinautzin y la Sierra de Huautla, Morelos. México. Publicación Especial No. 1, Centro Investigaciones Biológicas UAEM. 111 p.
- Colli, G. R.** 1991. Reproductive ecology of the *Ameiva ameiva* (Sauria: Teiidae) in the Cerrado of Central Brazil. *Copeia*, 4:1002-1012.
- Cooper, W. E. & Vitt, L. J.** 1989. Sexual dimorphism of the head and body size in an iguanid lizard: paradoxical results. *American Naturalist*, 133:729-735.
- Cooper, Jr. W. E. & Greenberg, N.** 1992. Reptilian coloration and behavior. Pp. 298-422. *In* Biology of the reptilia. Vol. 18. Physiology E. Hormones, Brain, and Behaviour, C. Gans y D. Crews (Eds.). University of Chicago Press, Chicago.
- Cooper, R. J.** 1994. Prey chemical discrimination, foraging mode and phylogeny. Pp. 95-113. *In* Lizard Ecology historical and experimental perspectives, L. J. Vitt y E. R. Pianka, (Comp.). Princeton University Press.
- Cox, R. M., Skelly, S. L. & H. B. John-Alder.** 2003. A comparative test of adaptative hypothesis for sexual size dimorphism in lizards. *Evolution*, 57: 1653-1669.
- Davis, W. B. & Dixon. J. R.** 1961. Reptiles (exclusive snakes) of the Chilpancingo region, Mexico. *Proceedings Biological Society of Washington*, 74:37-56.
- De Marco, V. G.** 1989. Annual variation in the seasonal shift in egg size and clutch size in *Sceloporus woodi*. *Oecologia*, 80:525-532.

- Dunham, A. E.** 1994. Reproductive ecology. Pp. 3-5. *In* Lizard Ecology historical and experimental perspectives. Vitt, L. J. y Pianka, E. R. (Comp.) Princeton University Press.
- Fitch, H. S.** 1970. Reproductive cycles in lizards and snakes. *University of Kansas Museum of natural History Miscellaneous Publications*, 52:1-247.
- Fitch, H. S.** 1978. Sexual size differences in the genus *Sceloporus*. *University of Kansas Science Bulletin*, 51:441-461.
- Fitch, H. S.** 1985. Variation in clutch and litter size in new world reptiles. *Miscellaneous Publication University of Kansas Museum of Natural History*, 76:1-75.
- Galán, P.** 2008. Ontogenetic and sexual variation in the coloration of the lacertid lizards *Iberolacerta monticola* and *Podarcis bocagei*. Do the females prefer the greener males?. *Animal Biology*, 58:173-198.
- Galdino, C.A.B., Assis, V. B., Kieffer, M. C. & Van Sluys, M.** 2003. Reproduction and fat body cycle of *Eurolophosaurus nanuzae* (Sauria: Tropiduridae) from a seasonal montane habitat of southeastern Brazil. *Journal of Herpetology*, 37:687-694.
- García, E.** 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koopen. México, Distrito Federal. 217 p.
- Guillette, Jr. L. J. & Sullivan, W. P.** 1985. The reproductive and fat body cycles of the lizard, *Sceloporus formosus*. *Journal of Herpetology*, 19:474-480.
- Hernández-Salinas, U., Ramírez-Bautista, A., Leyte-Manrique, A. & Smith, G. R.** 2010. Reproduction and sexual dimorphism in two populations of *Sceloporus grammicus* (Sauria: Phrynosomatidae) from Hidalgo, Mexico. *Herpetologica*, 66:12-22.

- Ji, X. A. & Brana, F.** 2000. Among clutch variation in reproductive output and egg size in the wall Lizard (*Podarcis muralis*) from a lowland population of northern Spain. *Journal of Herpetology*, 34:54-60.
- Klukowski, M., Ackerson, B. & Craig, E. N.** 2004. Testosterone and daily activity period in laboratory-housed montain spiny lizard *Sceloporus jarrovi*. *Journal of Herpetology*, 38:120-124.
- Lemos-Espinal, J. A., Smith, G. R. & Ballinger, R. E.** 1996. Ventral blue coloration and sexual maturation in male *Sceloporus gradoviae* lizards. *Journal of Herpetology*, 30:546-548.
- Lemos-Espinal, J. A., Smith, G. R. & Ballinger, R. E.** 1999. Reproduction in Gadow's spiny lizard, *Sceloporus gadovae* (Phrynosomatidae), from arid tropical México. *Southwestern Naturalist*, 44:57-63.
- Mayhew, W. W.** 1963. Reproduction in the granite spiny lizard, *Sceloporus orcutti*. *Copeia*, 1963:144-152.
- Méndez-de la Cruz, F. R., Villagrán-Santa Cruz, M., López-Ortíz, M. L. & Hernández-Gallegos, O.** 2013. Reproductive cycle of a high-elevation, oviparous lizard (*Sceloporus spinosus*: Reptilia: Phrynosomatidae). *Southwestern Naturalist*, 58: 54-63.
- McCoy, J. K., Fox, S. F. & Baird, T. A.** 1994. Geographic variation in sexual dimorphism in the collared lizard, *Crotaphytus collaris* (Sauria: Crotaphytidae). *Southwestern Naturalist*, 39:328-335.
- Mojica, B. H., Rey, B. H., Serrano, V. H. & Ramírez-Pinilla, M.** 2003. Annual reproductive activity of a population of *Cnemidophorus lemniscatus* (Squamata: Teiidae). *Journal of Herpetology*, 37:35-42.

- Maury, Ma. E.** 1999. Ecología reproductiva de *Cophosaurus texanus* (Sauria: Phrynosomatidae) en el desierto Chihuahuense, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 76:35-48.
- Ramírez-Bautista A, Jiménez-Cruz, E. & Marshall, J. C.** 2004. Comparative life history for populations of the *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae). *Western North American Naturalist*, 64:175-183.
- Ramírez-Bautista, A. & Olvera-Becerril, V.** 2004. Reproduction in the Boulder spiny lizard, *S. pyrocephalus* (Sauria: Phrynosomatidae) from a tropical dry forest of Mexico. *Journal of Herpetology*, 38:225-231.
- Ramírez-Bautista, A. & Gutiérrez-Mayén, M. G.** 2003. Reproductive ecology of *Sceloporus utiformis* (Sauria: Phrynosomatidae) from a tropical dry forest of México. *Journal of Herpetology*, 37:1-10.
- Ramírez-Bautista, A. & Vitt, L. J.** 1997. Reproduction in the lizard, *Anolis nebulosus* (Polychrotidae) from the pacific coast of Mexico. *Southwestern Naturalist*, 43:381-390.
- Ramírez-Bautista, A., Uribe-Peña, Z. & Guillette, L. J. Jr.** 1995. Reproductive biology of the lizard *Urosaurus bicarinatus bicarinatus* (Reptilia: Phrynosomatidae) from Río Balsas Basin, México. *Herpetologica*, 51:24-33.
- Ramírez-Bautista, A., Balderas-Valdivia, C. & Vitt, L. J.** 2000. Reproductive ecology of the whiptail lizard *Cnemidophorus lineatissimus* (Squamata: Teiidae) in a tropical dry forest. *Copeia*, 3:712-722.
- Ramírez-Bautista, A., Hernández-Ramos, D., Rojas M. A. & Marshall, J. C.** 2009. Fat bodies and liver mass cycles in *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) from Southern Hidalgo, México. *Herpetological Conservation and Biology*, 4:164-170.

- Ramírez-Bautista, A., Ramos-Flores, O. & Sites J. W. Jr.** 2002. Reproductive cycle of the spiny lizard *Sceloporus jarrovii* (Sauria: Phrynosomatidae) from North-Central México. *Journal of Herpetology*, 36:225-233.
- Ramírez-Bautista A, Luja, V. H., Balderas-Valdivia, C. & Oriz-Pulido. R.** 2006. Reproductive cycle of male and female spiny lizards, *Sceloporus melanorhinus*, in a tropical dry forest. *Southwestern naturalist*, 51:157-162.
- Ramírez-Bautista, A. & Olvera-Becerril. V.** 2004. Reproduction in the Boulder spiny lizard, *Sceloporus pyrocephalus* (Sauria: Phrynosomatidae), from a tropical dry forest of México. *Journal of Herpetology*, 38:225-231.
- Rodríguez-Romero, F., Méndez de la Cruz, F. R., García-Collazo, R. & Villagrán-Santa Cruz, M.** 2002. Comparación del esfuerzo reproductor en dos especies hermanas del género *Sceloporus* (Sauria: Phrynosomatidae) con diferente modo reproductor. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 85:181-188.
- Rodríguez-Romero, F., Smith, G. R., Cuellar, O. & Méndez de la Cruz. F. R.** 2004. Reproductive traits of a high elevation viviparous lizard *Sceloporus bicanthalis* (Lacertilia: Phrynosomatidae) from Mexico. *Journal of Herpetology*, 38:438-443.
- Rosen, G. J. & Wade, J.** 2001. Androgen metabolism in the brain of the green anole lizard (*Anolis carolinensis*): effects of sex and season. *General and Comparative Endocrinology*, 122:10-17.
- Selby, S. M.** 1965. Standard Math Tables. 14<sup>th</sup>. Ed. Chemical Rubber Co., Cleveland, Oh.
- Shine. R.** 1992. Relative clutch mass and body shape in lizards and snakes: is reproductive investment constrained or optimized?. *Evolution*, 46: 828-833.
- Shine, R.** 2003. Reproductive strategies in snakes. *Proceedings of the Royal Society of London B.*, 270: 995-1004.

- Sinervo, B. & Lively, C. M.** 1996. The rock-paper-scissors game and the evolution of alternative male reproductive strategies. *Nature*, 380: 240–243.
- Smith, H. M. & Taylor, E. H.** 1950. An annotated checklist and key to the reptiles of México, exclusive of snakes. *Bulletin United States of Natural Museum*, 199:1-253.
- Tinkle, D. W., Wilbur, H. M. & Tilley, S. G.** 1970. Evolutional strategies in lizard reproduction. *Evolution*, 24:55-74.
- Valdéz-González, M. & Ramírez-Bautista, A.** 2002. Reproductive characteristics of the spiny lizards, *Sceloporus horridus* and *Sceloporus spinosus* (Squamata: Phrynosomatidae) from Mexico. *Journal of Herpetology*, 36:36-43.
- Zamora-Abrego, J.G., Zúñiga-Vega, J. J. & Nieto-Montes de Oca, A.** 2007. Variation in reproductive traits within the lizards genus *Xenosaurus*. *Journal of Herpetology*, 41:630-637.

### CAPITULO III

USO DE MICROHABITAT Y TERMORREGULACIÓN EN *SCELOPORUS HORRIDUS*  
*HORRIDUS* (Wiegmann 1939) (SAURIA: PHRYNOSOMATIDAE).



**ACTA ZOOLOGICA MEXICANA**  
**nueva serie**

**MANUSCRITO AZM12-32**

Xalapa de Enríquez, Veracruz, a 22 de Noviembre de 2012  
Ref./AZM/311/2012

**Dr. Rubén Castro Franco**  
Centro de Investigaciones Biológicas  
Cuernavaca, Morelos, México

Por este medio hago de su conocimiento que su trabajo científico titulado: “**Uso de microhabitat y termorregulación en *Sceloporus horridus horridus* (Wiegmann 1939) (Sauria: Phrynosomatidae)**” elaborado por usted como autor de correspondencia junto con María Guadalupe Bustos Zagal y Javier Manjarrez Silva, ha sido aceptado para su publicación en el **Volumen 29, No. 1** de *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* que aparecerá en Abril de 2013.

Considerando que nuestra revista no cobra derecho de página y que los trabajos publicados a partir de 1984 están disponibles en la página web del Instituto de Ecología A. C. ([www.inecol.edu.mx/azm](http://www.inecol.edu.mx/azm)), le enviaremos los sobretiros electrónicos.

Agradezco su comprensión y aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

Atentamente,

Dr. Pedro Reyes Castillo  
Editor

**INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.**  
**Antigua Carretera a Coatepec No. 351. El Haya. 91070 Xalapa, Veracruz. México**  
Tel. (228) 842-18-00 Fax. (228) 818-78-09 e-mail: [azm@ecologia.edu.mx](mailto:azm@ecologia.edu.mx)

**Este capítulo está ajustado al formato de la *Revista Acta Zoológica Mexicana* (n.s.)**

USO DE MICROHABITAT Y TERMORREGULACIÓN EN *SCELOPORUS HORRIDUS*  
*HORRIDUS* (Wiegmann 1939) (SAURIA: PHRYNOSOMATIDAE).

MICROHABITAT USE AND THERMOREGULATION IN *SCELOPORUS HORRIDUS*  
*HORRIDUS* (Wiegmann 1939) (SAURIA: PHRYNOSOMATIDAE).

María Guadalupe Bustos Zagal<sup>1</sup>, Javier Manjarrez Silva<sup>2</sup>, Rubén Castro-Franco<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Laboratorio de Herpetología, Departamento de Biología Animal, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Chamilpa 62209, Cuernavaca, Morelos, México. (MGBZ) [bustosgu@uaem.mx](mailto:bustosgu@uaem.mx), (RCF) [castro@uaem.mx](mailto:castro@uaem.mx)

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Recursos Bióticos, Universidad Autónoma del Estado de México.

\* Envío de correspondencia

Título corto: Uso de microhábitat y termorregulación en *Sceloporus horridus horridus*

## RESUMEN

En este trabajo se examina el uso que hace *Sceloporus horridus* de los diferentes microhábitats durante el día, año, por sexo, por edad, en diferentes intervalos de altura y sus implicaciones para la termorregulación y la conservación. El 49.5 % de las lagartijas usan árboles, 32.62 % rocas y 2.3 % arbustos ( $\chi^2=216.06$ , *gl* 3,  $p<0.05$ ). El uso de microhábitat por edades, con los sexos separados, reveló diferencias significativas entre crías, subadultos y adultos. En hembras, las crías utilizan con mayor frecuencia las rocas, mientras que las subadultas y adultas utilizan árboles ( $\chi^2=13.38$ , *gl* 6,  $p<0.05$ ). En machos, las crías y subadultos usan rocas, y los adultos árboles ( $\chi^2=15.22$ , *gl* 4,  $p<0.05$ ). La distribución altitudinal tiene efectos en el uso de hábitat; en el intervalo altitudinal de 800 a 1,100 m, estas lagartijas tienden a ser más arborícolas, y entre los 1,100 y 1,400 m usan con más frecuencia las rocas ( $\chi^2=36.21$ , *gl* 6,  $p<0.05$ ). En la época de sequía hubo una diferencia significativa en el uso de los microhábitats entre las 9:00 y 14:00 horas del día, con el mayor número de avistamientos sobre árboles y rocas. En la temporada de lluvias no hubo diferencias significativas en el uso de microhábitat entre las horas del día. La temperatura promedio del cuerpo fue  $33.52^\circ\text{C}$  ( $22.0\text{-}39.0^\circ\text{C} \pm 2.9$ ). No hubo diferencias significativas de la temperatura corporal de lagartijas en diferentes microhábitats. En todos los microhábitats las temperaturas cloacales fueron entre  $2^\circ\text{C}$  y  $3^\circ\text{C}$  más altas que las temperaturas del aire y sustrato. La mayor cantidad de avistamientos fue entre las 10:00 y 15:00 h, por lo que se considera a estas lagartijas de hábitos diurnos con sistema de calentamiento tigmotermo y heliotermo. Hubo diferencias significativas ( $F_{1,414}= 5.0918$ ,  $p=0.024561$ ) en la temperatura cloacal de lagartijas entre los períodos de lluvias ( $33.2^\circ\text{C} \pm 3.17$ ,  $n= 215$ ) y secas ( $34.2^\circ\text{C} \pm 5.4$ ,  $n= 201$ ). Los árboles son importantes para la

termorregulación en esta especie; sin embargo, aunque las lagartijas podrían vivir en zonas deforestadas de selva baja caducifolia es posible que tengan problemas para termorregular por la reducción de los periodos de actividad.

**Palabras Clave:** Termorregulación, lagartijas., Morelos.

**ABSTRACT.** This paper examines the use of different microhabitats throughout the day, year, by sex, by age, at different intervals of altitude and its implications for thermoregulation and conservation. Overall 49.5% of the lizards used trees, 32.62% rocks and less often 2.3% shrubs ( $\chi^2 = 216.06$ , *gl* 3,  $p < 0.05$ ). The analysis of microhabitat used by sex revealed significant differences among young, female, and male ( $\chi^2 = 7.24$ , *gl* 6,  $p < 0.05$ ). The young females most often used rocks, while subadults and adults preferred to use trees ( $\chi^2 = 13.38$ , *gl* 6,  $p < 0.05$ ). In males, subadults and young used rocks, and adults trees ( $\chi^2 = 15.22$ , *gl* 4,  $p < 0.05$ ). The altitudinal distribution has an effect on habitat use; in the altitudinal range of 800 to 1,100 m these lizards have a tendency to be more arboreal, and between 1,100 and 1,400 m more frequently used rocks ( $\chi^2 = 36.21$ , *gl* 6,  $p < 0.05$ ). In the dry season there was a significant difference in the use of microhabitats over the 9:00 y 14:00 hours of the day, with the highest number of sightings on trees and rocks. In the rainy season there was no significant difference in the analysis of microhabitat use over the hours of the day. The average body temperature was 33.52°C (22.0 - 39.0 ± 2.9). There were no significant differences in body temperature of lizards in different microhabitats. Cloacal temperatures in all microhabitats were 2° C and 3° C higher than air temperatures and substrate. Most sightings were between 10:00 and 15:00 h for what is considered a diurnal lizard with thigmothermy and heliothermy. There were significant differences ( $F_{1,414}$

=5.0918,  $p=0.024561$ ) in the lizard cloacal temperatures between the rainy ( $33.2^{\circ}\text{C} \pm 3.17, n=215$ ) and dry seasons ( $34.2^{\circ}\text{C} \pm 5.4, n=201$ ). Trees are important for thermoregulation in this species; however, even though these lizards could live in deforested areas, they might encounter thermoregulatory difficulties due to reduced periods of activity.

**Key words:** Microhabitat use, thermoregulation, conservation, lizards.

## INTRODUCCIÓN

Con el uso de distintos tipos microhábitats las lagartijas controlan la temperatura de su cuerpo, y la eficiencia de este proceso depende de su habilidad para buscar fuentes de calor. La exposición directa a los rayos del sol y la permanencia en diferentes intervalos de tiempo sobre la superficie caliente de las rocas, permiten aumentar la temperatura del cuerpo (Bellairs *et al.* 1975). Sin embargo, las condiciones térmicas varían entre los distintos microhábitats, por lo que una especie con amplia tolerancia térmica, es capaz de aprovechar todos los microhábitats posibles. No obstante, este comportamiento puede estar influenciado por la competencia, debido a que distintas especies también buscan los mismos hábitats para termorregular (Angert *et al.* 2002, Grover 1996, Smith & Ballinger 2001). Para reducir la competencia, algunas especies modifican sus períodos de actividad y el uso de los distintos microhábitats a lo largo del día, y entre las estaciones del año (Shine & Lambeck 1989).

Se ha observado que la temperatura del cuerpo en las lagartijas está relacionada significativamente con la temperatura del aire y del sustrato (Huey & Pianka 1977, Woolrich-Piña *et al.* 2006). En temporadas de frío (invierno) las lagartijas normalmente están activas sólo al mediodía, mientras que en la época de calor (verano) están activas todo

el día. *Sceloporus h. horridus* tiene un amplio intervalo de tolerancia térmica, con una temperatura cloacal mínima de 17°C, una máxima de 40°C, y temperatura óptima entre los 33° y 36° C, lo que contribuye a explicar la ocupación de distintos microhábitats (Castro-Franco & Aranda (1984). En este trabajo se presenta información para responder a las siguientes preguntas: ¿hay diferencias en el uso de los distintos microhábitats a lo largo del día, entre los dos sexos y entre edades?, ¿ hay variaciones en el uso de microhábitats entre los períodos de lluvias y secas?, ¿el uso de los distintos microhábitats cambia con la altitud?, y ¿el uso de los distintos microhábitats tiene efectos sobre la termorregulación?.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El total de los 423 registros que forman la base de datos utilizada en este trabajo provienen de ejemplares observados y capturados en áreas de selva baja caducifolia, en la región centro sur de Morelos, en un intervalo altitudinal de 900 a 1400 m, como parte de las exploraciones de campo de Castro-Franco & Aranda (1984) y Castro-Franco & Bustos-Zagal (1992). Este tipo de vegetación se caracteriza por una marcada estacionalidad, con una temporada de secas de octubre a mayo y una de lluvias de junio a septiembre (Aguilar 1990). La temperatura media anual en esta región llega a los 22°C, la temperatura más alta ocurre en mayo (26.5°C), y la más baja entre enero y diciembre (20.5°C).

Los datos procesados para este trabajo fueron los siguientes: fecha, sexo, tipo de microhábitat, hora de captura, temperatura cloacal ( $T^{\circ}_C$ ), temperatura del sustrato ( $T^{\circ}_S$ ), temperatura del aire ( $T^{\circ}_A$ ) y altitud en metros sobre el nivel del mar. La categoría de microhábitat fue asignada a sitios específicos donde se observó por primera vez cada lagartija; entre ellos se incluyen el suelo, rocas, árboles y arbustos. Las temperaturas

fueron obtenidas al momento de la captura con un termómetro cloacal tipo Schulteis (cloacal Quick-Reading Thermometers 0/50 °C) de registro rápido. Asimismo, de todos los ejemplares se obtuvieron registros de la longitud hocico-cloaca en milímetros (LHC). Como hembras adultas fueron consideradas aquellas con tamaño promedio de  $86.32 \pm D.E$  7.94 mm de LHC (71.0–101.0 mm), machos de  $90.66 \pm D. E.$  12.79 mm de LHC (72.0–111.0 mm), subadultos de  $55.5 \pm D.E$  8.3 (40.0- 70.0) y crías de  $30 \pm D.E$  8.2 mm (20.00–39.0 mm). Los especímenes y la base de datos están depositados en la Colección de Anfibios y Reptiles de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CARUM, [http://www.cib.uaem.mx/herpetologia\\_colecciones.html](http://www.cib.uaem.mx/herpetologia_colecciones.html)).

**Análisis estadísticos.** Los datos de frecuencia de avistamientos de lagartijas entre los distintos tipos de micro hábitats (suelo, rocas, árboles y arbustos) y períodos de lluvias y secas fueron comparados con pruebas de *Chi-cuadrada* ( $\chi^2$ ). Las diferencias entre la temperatura cloacal de lagartijas que viven en zonas bajas (750-1,100 m) y en zonas altas (1,100-1,400 m) entre diferentes microhábitats y entre los períodos de lluvias y secas fueron evaluadas con Análisis de Varianza (ANDEVA) de una vía. Para determinar la relación entre la temperatura cloacal ( $T^{\circ}_C$ ) de las lagartijas con las temperaturas del aire ( $T^{\circ}_A$ ) y sustrato ( $T^{\circ}_S$ ) se realizaron análisis de correlación lineal por el método de Pearson.

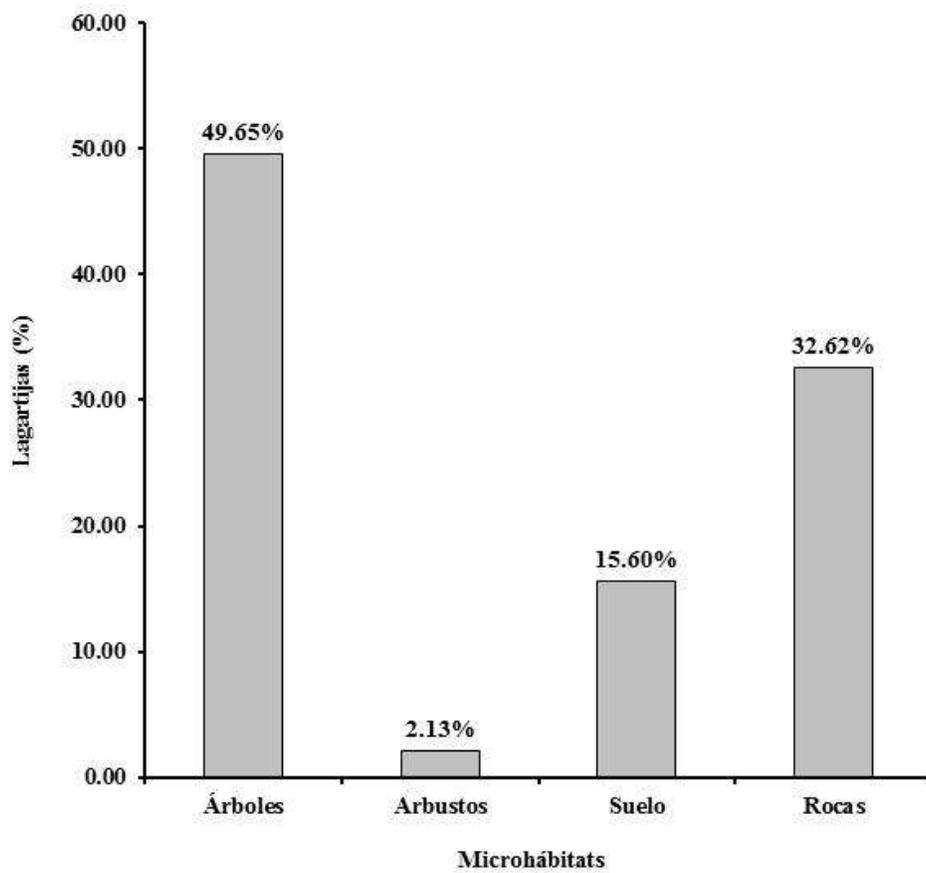


Figura 1. Porcentaje de frecuencia de avistamientos de lagartijas *Sceloporus horridus horridus* por tipo de microhábitat.

## RESULTADOS

*Uso de microhábitat.*-El porcentaje de frecuencia de avistamientos mostró que los árboles fueron los más frecuentados (49.65 %), seguido por las rocas (32.62%), suelo (15.60%) y arbustos (2.13%) (Figura 1). Estas diferencias en la frecuencia de uso entre los distintos microhábitats son estadísticamente significativas ( $\chi^2 = 216.06$ ,  $gl\ 3$ ,  $p < 0.05$ ).

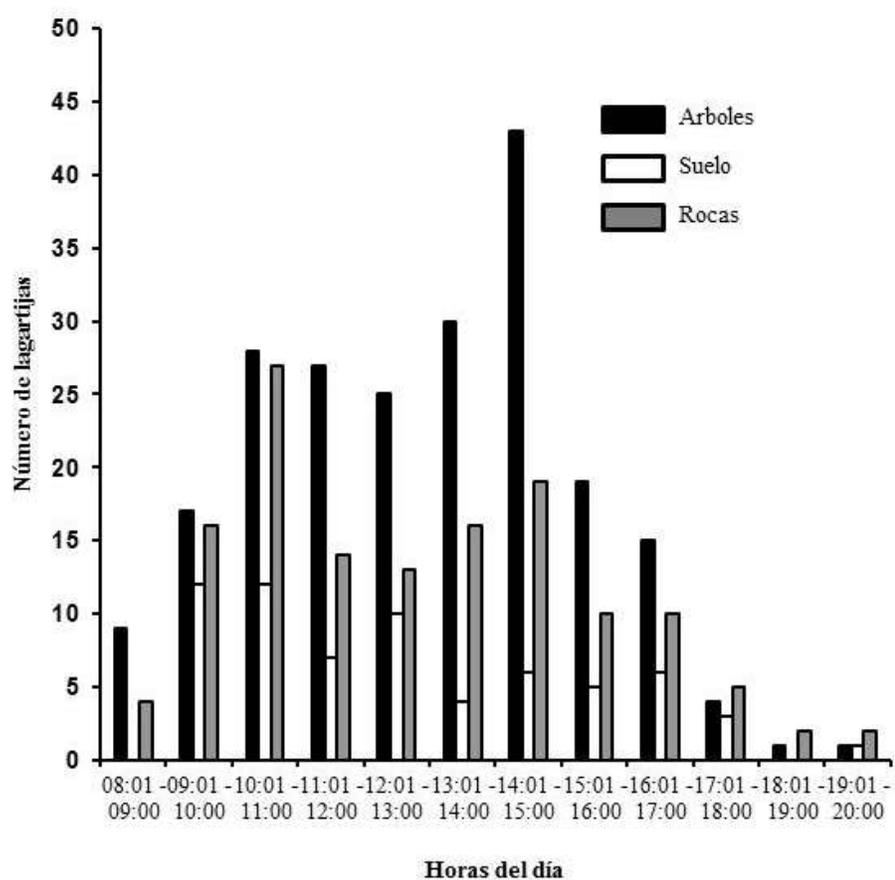


Figura 2. Uso de microhábitat de lagartijas *Sceloporus horridus horridus* por horas del día

Las lagartijas se perchan con más frecuencia sobre árboles y rocas entre las 10:00 y 15:00 h, que durante el resto de las horas del día ( $\chi^2=164.26$ , *gl* 11  $p < 0.05$ , Figura 2). Sin embargo cuando las frecuencias de uso de microhábitats fueron separadas por períodos de lluvias y secas, los resultados fueron diferentes. En la época de lluvias hubo diferencias en el uso de microhábitats entre las horas del día ( $\chi^2=22.55$ , *gl* 10,  $p < 0.05$ ); los árboles fueron utilizados con mayor frecuencia entre las 9:00 y 16:00 h. En la temporada de secas también hubo diferencias significativas ( $\chi^2=45.17$ , *gl* 10,  $p < 0.05$ ) en el uso de microhábitat. Entre las 9:00 y 14:00 horas los árboles y rocas fueron utilizados con mayor frecuencia respecto a los otros microhábitats.

*Uso de microhábitat por sexos y categorías de edad.* El análisis por separado entre sexos y edades también mostró diferencias significativas. En hembras, las crías tienen mayor preferencia por las rocas y las adultas y subadultas mayor preferencia por los árboles ( $\chi^2=13.28$ , *gl* 2,  $p < 0.05$ ) (Figura 3). En el caso de los machos, las crías y subadultos tienen mayor preferencia por las rocas, y los adultos prefieren los árboles ( $\chi^2=15.22$ , *gl* 2,  $p < 0.05$ , Figura 4).

*Uso de microhábitat por intervalos de altitud.- Sceloporus h. horridus* está ampliamente distribuida en Morelos en altitudes no mayores a los 1400 msnm. Sin embargo, hubo diferencias significativas en el uso del microhábitat a diferentes intervalos de altitud. En el intervalo de los 750 a los 1100 m fue más arborícola y entre los 1100 y 1400 m las lagartijas se posaron más frecuentemente sobre rocas ( $\chi^2=36.21$ , *gl* 1,  $p < 0.05$ , Figura 5).

*Termorregulación.*- En general *Sceloporus h. horridus* mantiene la temperatura corporal con un valor promedio de  $33.52^{\circ}\text{C} \pm \text{D. E. } 2.9$  (22.0-39.0,  $n= 392$ ,  $\text{CV}= 8.6\%$ ).

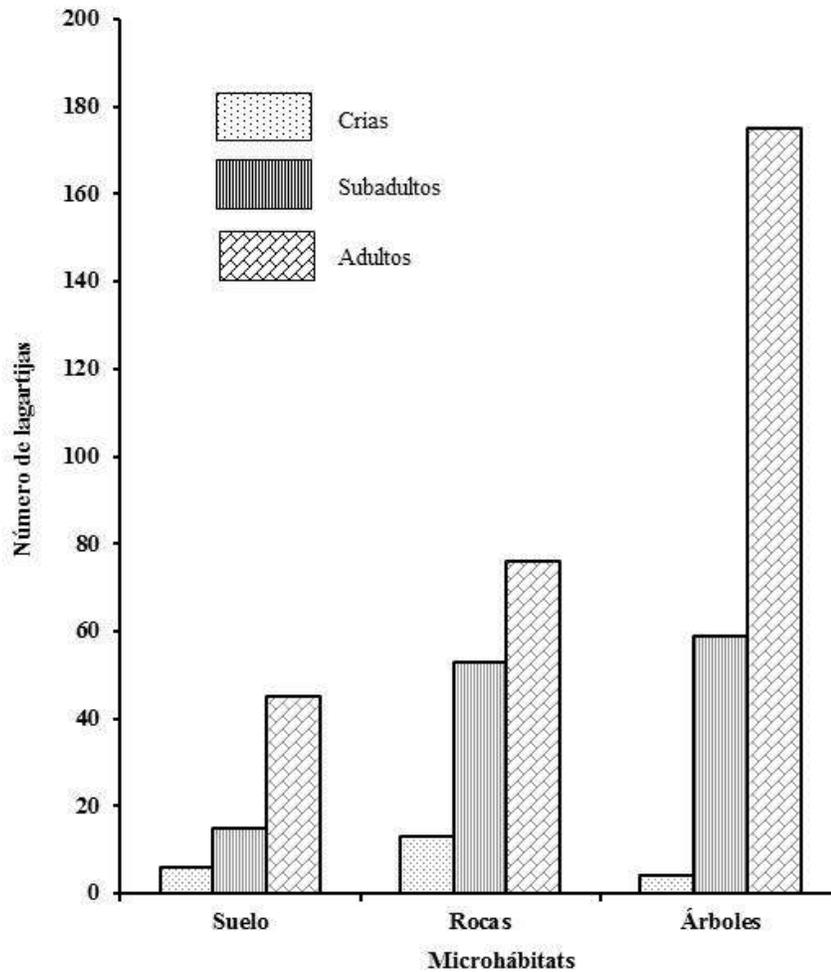


Figura 3.- Uso de microhábitat por edades en lagartijas *Sceloporus horridus horridus*.

Las lagartijas que perchan sobre árboles pueden llegar a los  $33.8^{\circ}\text{C} \pm \text{D.E. } 2.79$  (22.0-38.0,  $\text{CV}=8.2\%$ ), sin variaciones significativas entre los microhábitat (Cuadro 1). Asimismo, en

todos los microhábitats (suelo, rocas y árboles) se observaron relaciones positivas entre las temperaturas cloacales y las temperaturas del aire y sustrato (Cuadro 2).

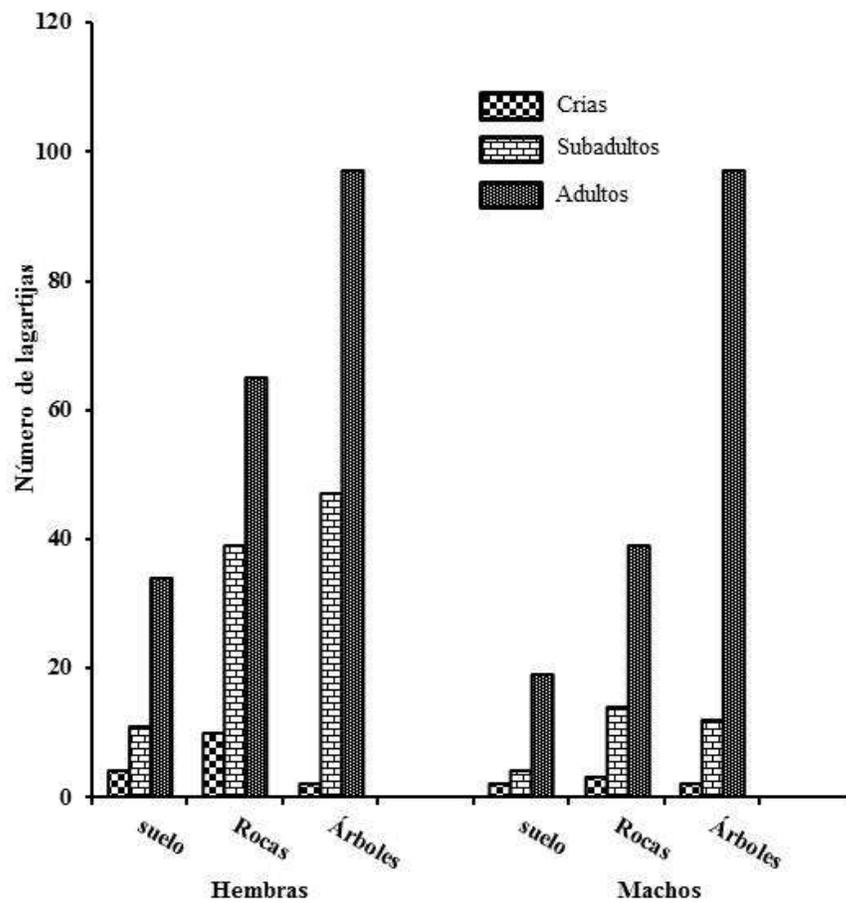


Figura 4.- Uso de Micro hábitat de *Sceloporus horridus horridus* por sexo y edades.

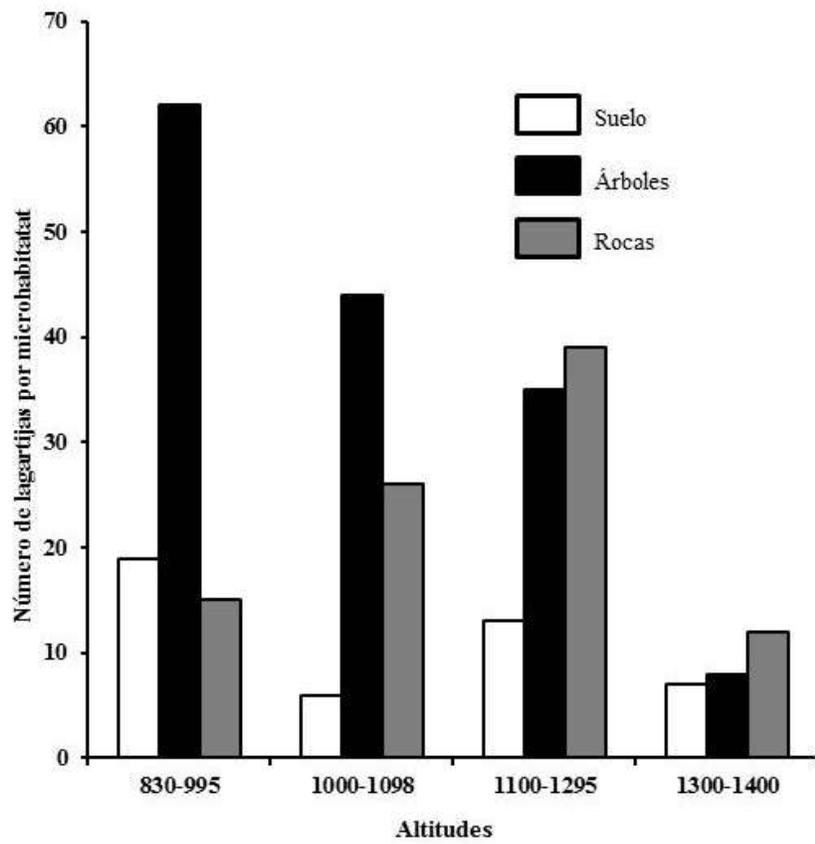


Figura 5.- Uso diferencial de microhábitats por lagartijas *Sceloporus horridus horridus* a diferentes altitudes.

Se observaron diferencias significativas ( $F_{1,328}=11.59$ ,  $p=0.00$ ) del orden de  $1.45^{\circ}$  C, entre la  $T_C$  de lagartijas de zonas altas ( $32.41^{\circ}$  C  $\pm$  3.24,  $n= 46$ , CV= 9.9 %) y la  $T_C$  de lagartijas de zonas bajas ( $33.86^{\circ}$  C  $\pm$  2.71,  $n=285$ , CV= 8.0%). De manera similar, hubo diferencias entre la temperatura cloacal de lagartijas capturadas entre los períodos de lluvias y secas ( $F_{1,414}= 5.09$ ,  $p=0.024$ ); en la época de secas el promedio de temperatura cloacal fue  $34.2^{\circ}$ C ( $\pm 5.4^{\circ}$ C,  $n= 201$ , CV=15.7%) y fue  $1^{\circ}$  C más alto que en la época de lluvias  $33.2^{\circ}$ C ( $\pm$  D. E.  $3.17^{\circ}$ C,  $n= 215$ , CV= 9.5%). En todos los diferentes microhábitats, las temperaturas cloacales de las lagartijas fueron entre  $2^{\circ}$ C y  $3^{\circ}$ C más altas que las temperaturas del aire y sustrato.

Cuadro 1. Temperaturas promedio de lagartijas *Sceloporus horridus horridus* capturadas en Micro hábitats de árboles, rocas y suelo.

	General $n=392$	Árboles $n=219$	Rocas $n=129$	Suelo $n=45$
Temperatura cloacal	33.52 (22.0-39.0) $\pm$ 2.90	33.80 (22.0-38.0) $\pm$ 2.79	33.22 (23.0-39.0) $\pm$ 2.75	32.99 (23.5-38.5) $\pm$ 3.63
Temperatura del aire	29.46 (19.0-39.5) $\pm$ 3.69	30.14 (20.0-39.0) $\pm$ 3.81	28.43 (19.0-37.8) $\pm$ 3.28	28.87 (22.5-35.80) $\pm$ 3.59
Temperatura del sustrato	30.68 (20.0-44.5) $\pm$ 3.93	31.07 (20.0-38.0) $\pm$ 3.83	30.20 (20.0-44.0) $\pm$ 3.91	30.06 (22.0-39.0) $\pm$ 4.31

Cuadro 2. Análisis de correlación entre las temperaturas cloacal-sustrato y cloacal-aire de lagartijas *Sceloporus horridus horridus* capturadas sobre árboles, rocas y suelo. \* Significativa con  $p < 0.05$

	General <i>n</i> =392	Árboles <i>n</i> =219	Rocas <i>n</i> =129	Suelo <i>n</i> =45
Correlación entre Temperatura cloacal vs. Temperatura sustrato	0.596*	0.682*	0.443*	0.582*
Correlación entre Temperatura cloacal vs. Temperatura del aire	0.635*	0.703*	0.598*	0.597*

## DISCUSIÓN

Aunque *Sceloporus h. horridus* había sido observada indistintamente en ramas de árboles, rocas, suelo y arbustos (Castro & Bustos 2003), los resultados de este estudio muestran que en realidad se trata de una especie de hábitos arborícolas que puede llegar a utilizar los distintos microhábitats disponibles. El uso de rocas y árboles es una estrategia previamente observada en varias especies de *Sceloporus* (Herrell *et al* 2002). En zonas de poca altitud *S. h. horridus* es más frecuente sobre los árboles, y en las zonas altas, sobre las rocas. Esta variación revela un patrón de uso de microhábitats similar al observado en especies como *Sceloporus occidentalis* y *Sceloporus graciosus* (Adolph 1990). La variación en el uso diferencial de distintos microhábitats también ha sido observada en agámidos australianos como *Pogona vitticeps*, *Lophognathus gilberto*, *Lophognathus longirostris*, *Ctenophorus caudicinctus* y *Tympanocryptis lineada* (Melville & Schulte 2001) lo que se ha interpretado como un mecanismo para facilitar la termorregulación que

permite a las lagartijas estar activas durante más tiempo a lo largo del día y del año. Aunque no tenemos datos referentes, sugerimos que en zonas altas y relativamente frías, las propiedades físicas de las rocas captan y retienen el calor mejor que los árboles, y en consecuencia las lagartijas frecuentan estos sitios para termorregular.

El patrón de variación en el uso de microhabitat en función de las estaciones del año también ha sido observado en agámidos como *Agamis hispida* (Huey & Pianka 1977). *Sceloporus h. horridus* en época de secas utiliza con mayor frecuencia los árboles y en temporada de lluvias utiliza todos los microhábitats de manera similar, para tener mejores oportunidades de termorregular. El uso de microhábitat asociado con la actividad diaria reveló que el avistamiento de lagartijas en el transcurso del día en los árboles fue similar al que se ha observado en otras especies como *Sceloporus malachiticus* (Vial 1984), *Sceloporus utiformis* (Gienger *et al* 2002), y *Agama hispida* (Huey & Pianka 1977) que no tienen actividad durante la noche, lo que revela una asociación estrecha entre la actividad de las lagartijas y las horas de mayor radiación solar.

El análisis por categorías de edad mostró que los adultos de *S. h. horridus* se perchan sobre los árboles de la misma forma como lo hacen los subadultos; en contraste, las crías usan con más frecuencia las rocas. En iguanas terrestres de las islas Galápagos, *Conolophus pallidus*, los adultos se encuentran con mayor frecuencia en mesetas, mientras que los juveniles se encuentran en acantilados rocosos que utilizan como refugios para evitar la depredación (Christian & Tracy 1983). Comparativamente, en el caso de *S. h. horridus* el uso diferencial de los microhábitats según la edad, también puede interpretarse como una manera de que las crías eviten la depredación, o reduzcan la competencia interespecífica.

En todos los diferentes microhábitats, las temperaturas de cuerpo de las lagartijas fueron entre 2°C y 3°C más altas que las temperaturas del aire y sustrato; sin embargo, están estrechamente asociadas con las temperaturas de los microhábitats, como también ocurre en los agámidos semi arbóreos *Lophognathus longirostris* y *Pogona vitticeps* (Melville & Schulte 2001). Estas diferencias en las temperaturas sugieren que *Sceloporus h. horridus*, no es una especie termo conformista sino una especie termorreguladora activa, pero se necesitan estudios más avanzados para definir mejor, la precisión en la termorregulación (Hertz *et al* 1993, Shawn *et al* 2002).

En síntesis, aunque los adultos de *S. h. horridus* tienen una preferencia por el microhábitat arbóreo, las crías y jóvenes se encuentran con mayor frecuencia en rocas. El uso de microhábitat durante el día revela que es una lagartija de hábitos diurnos con cambios estacionales en el uso de micro hábitats, que también está en función de la disponibilidad de lluvia y de la altitud en la que se encuentren. La capacidad de calentarse por radiación directa y por contacto con sustratos calientes que le permite incluso superar el promedio de las temperaturas de los sustratos, indica que esta especie termoregula activamente por medio de heliotermia y tigmotermia, lo que permite explicar su presencia en varias zonas tropicales secas de México.

## LITERATURA CITADA

- Adolph S. C.** 1990. Influence of behavioral thermoregulation on microhabitat use by two *Sceloporus* lizards. *Ecology* 71(1): 315-327.
- Aguilar B. S.** 1990. Dimensiones ecológicas del Estado de Morelos. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias CRIM-UNAM.
- Bellairs, A. D., Attridge, S. & Sanz, G. J. L.** 1975. Los reptiles. Editorial H. Blume, España, 450p.
- Castro- Franco, R. & Aranda, E. E.** 1984. Estudio preliminar sobre la ecología de los reptiles del estado de Morelos. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias Biológicas, UAEM.
- Castro-Franco, R. & Bustos-Zagal M. G.** 1992. Herpetofauna de la zona de reserva Ajusto-Chichinautzin, México. *Universidad Ciencia y Tecnología* 2(2):67-70.
- Castro-Franco, R. & Bustos Z. M. G.** 2003. Lagartijas de Morelos, México: distribución, hábitat y conservación. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 88:123-142.
- Christian, K. & Tracy, C. R.** 1983. Seasonal shifts in body temperature and use of microhabitats by galapagos land iguanas (*Conolophus pallidus*). *Ecology* 64(3):463-468.
- Gienger, C. M., Beck, D. D., Sabari, N. C. & Stumbauch, D. L.** 2002. Dry season habitat use by lizards in a tropical deciduous forest of western Mexico. *Journal of Herpetology* 36(3): 487-490.
- Grover, M. C.** 1996. Microhabitat use and thermal ecology of two narrowly sympatric *Sceloporus* (Phrynosomatidae) lizards. *Journal of Herpetology* 30(2):152-160.
- Herrel, A., Meyers, J. J. & Vanhooydonck, B.** 2002. Relations between microhabitat use and limb shape in phrynosomatid lizards. *Biological Journal of the Linnaean Society* 77:149–163.

- Hertz P. E., Huey, R. B & Stevenson R. D.** 1993. Evaluating temperature regulation by field-active ectotherms: the fallacy of the inappropriate question. *American Naturalist* 142(5):796-818.
- Huey, R. B. & Slatkin, M.** 1976. Cost and benefits of lizard thermoregulation. *The Quarterly Review of Biology* 51(3): 363-384.
- Huey, R. B. & Pianka, R. E.** 1977. Seasonal variation in thermoregulatory behavior and body temperature of diurnal Kalahari lizards. *Ecology* 58:1066-1075.
- Melville, J. & Schulte II, J. A.** 2001. Correlates of active body temperatures and microhabitat occupation in nine species of central Australian agamid lizards. *Austral Ecology* 26: 660-669.
- Shawn, S., J. Sartorius, do Amaral, P. S., R. D. Durche, Deen, C. M. & Lutterschmidt, W. I.** 2002. Thermoregulatory accuracy, precision, and effectiveness in two sand-dwelling lizards under mild environment conditions. *Canadian Journal of Zoology* 80:1966-1976.
- Smith, G. R. & Ballinger, R. E.** 2001. The ecological consequences of habitat and microhabitat use in lizards: a review. *Contemporary Herpetology* 3.
- Vial, J. L.** 1984. Comparative field responses to diel and annual thermal regimens among Sceloporine lizards, with specific reference to *Sceloporus malachiticus*. *Revista de Biología Tropical* 32(1): 1-10.

## CONCLUSIONES GENERALES

1. *Sceloporus horridus horridus* (Wiegmann 1939) es una especie con acentuado dimorfismo sexual. Los machos son más grandes y más pesados que las hembras; y en la época de reproducción, presentan variación en los patrones de coloración del cuerpo y garganta (azul, amarillo, naranja).
2. De acuerdo con el color de la garganta, los machos de los tres morfos se pueden distinguir por variaciones en el largo y alto de la cabeza, y en la longitud de las extremidades anteriores y posteriores.
3. Debido a que esta variación tiene efectos sobre los mecanismos de selección de machos por parte de las hembras, se pueden inducir variaciones en la inversión reproductora, específicamente en el tamaño de la puesta y en el tamaño del huevo.
4. El ciclo de reproducción es de tipo estacional en el período primavera-verano, como ocurre en varias especies ovíparas de ambientes tropicales secos.
5. El tamaño de la puesta se correlaciona de manera significativa con el peso y la condición física de las hembras, pero no con la Longitud-Hocico Cloaca.
6. En machos las variaciones en la masa testicular tienen una correlación positiva con la temperatura, y en las hembras con la precipitación.
7. Los adultos de *Sceloporus horridus horridus* usan más los árboles, que las rocas y arbustos; y existen diferencias significativas en el uso de microhábitats por edades y sexos.
8. La distribución altitudinal, la estación del año y la hora del día, tienen efectos en el uso de microhábitats. Asimismo, la temperatura cloacal varía entre los períodos de lluvias y secas.
9. Las características de los morfos, y el uso diferencial de los hábitats, son factores importantes que se deben considerar en estudios subsecuentes sobre la inversión reproductora de las especies.