



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**  
**CARRERA DE BIOLOGÍA**

**“Dimorfismo sexual en tamaño y forma corporal en  
*Sceloporus gadoviae* y *Sceloporus torquatus* (Squamata:  
Phrynosomatidae).”**

# **T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EN TITULO DE  
B I O L O G O  
P R E S E N T A :**

**JOSÉ LUIS GARCÍA REYES**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. MANUEL FERIA ORTIZ**



**MÉXICO D.F**

**FEBRERO 2014**

## **AGRADECIMIENTOS.**

Al Dr. Manuel Feria Ortiz, director de tesis, gran profesor y amigo, por darme una cálida bienvenida en el museo de Zoología, por otorgarme todas las facilidades pasibles para el término de este trabajo, así como su ayuda en las colectas y revisiones bibliográficas, para él, toda mi admiración y respeto le estaré eternamente agradecido.

A mis revisores y sinodales: Dr. Antonio Alfredo Bueno Hernández, M. en C. María de las Mercedes Luna Reyes, M. en C. Marisela Valdés Ruiz y el M. C. Carlos Pérez Malvárez, por sus sugerencias y observaciones dadas para el mejoramiento de este trabajo.

A los biólogos: Luis Efraín Chagoya Guadarrama, Olivio Moreno Gutiérrez, Al yibb Marthin Vázquez Castro, Mixtli Crisóstomo Pérez y al M. en C. Gabriel Arriaga Nava, por la ayuda en la colecta de ejemplares y por todos esos momentos gratos dentro y fuera de la Facultad.

A mis amigos, que podrían perderlo todo, pero jamás el estilo.

**my four women:**

**my mother;** que jamás dejo de molestarme para que cumpliera mis objetivos.

**my sister;** por cada una de sus sugerencias de hermana mayor.

**my girl;** por darme lo que más amo en la vida.

**my daughter;** mi razón de vida y por supuesto, mi cerveza fría.

## INDICE.

	Págs.
1. Introducción.....	1
1.1 selección sexual.....	1
1.2 selección natural.....	2
1.3 selección de fecundidad.....	3
2. Objetivos.....	5
3. Descripción de las especies.....	5
4. Antecedentes.....	6
5. Justificación.....	8
6. Área de estudio.....	8
7. Materiales y métodos.....	13
7.1 trabajo de campo.....	13
7.2 trabajo de laboratorio.....	14
7.3 tratamiento de datos.....	17

1. Resultados.....	18
<i>Sceloporus gadoviae.</i>	
8.1 Dimorfismo sexual en el tamaño del cuerpo.....	18
8.2 Alometría.....	20
8.3 Dimorfismo sexual en el patrón de coloración.....	24
<i>Sceloporus torquatus.</i>	
8.4 Dimorfismo sexual en el tamaño del cuerpo.....	30
8.6 Alometría.....	32
8.7 Dimorfismo sexual en el patrón de coloración.....	35
2. Discusión.....	41
9.1 Dimorfismo sexual en el tamaño del cuerpo.....	41
9.2 Dimorfismo sexual en la forma del cuerpo.....	42
9.3 Alometría.....	45
9.4 Dimorfismo en el patrón de coloración.....	46
3. Conclusiones.....	51
4. Literatura citada.....	52

## **INTRODUCCIÓN.**

El dimorfismo sexual (*di* = dos; *morph* = forma) es la diferencia sistemática en forma entre individuos de diferente sexo en igual especie (Kratochvíl y Frynta, 2002). Puede ocurrir dimorfismo en tamaño y forma del cuerpo, en color, y en la presencia o ausencia de partes corporales (plumas ornamentadas, cuernos, cornamentas o colmillos) usadas en combates o exhibiciones de cortejo. El dimorfismo sexual se encuentra presente en casi todas las especies de animales con reproducción sexual, incluyendo reptiles. Se han propuesto varias hipótesis para explicar la evolución del dimorfismo sexual. Las más citadas son: (i) selección sexual, (ii) selección natural y (iii) selección para aumentar la fecundidad (Anderson, 1994).

### **Selección sexual.**

Podemos considerar dos tipos de selección sexual, intra e intersexual. La primera generalmente involucra competencia entre individuos de un mismo sexo por el acceso a individuos del sexo opuesto (Darwin, 1871; Punzalan y Hosken, 2010). En lagartijas, es común la competencia entre machos por el acceso a las hembras y en este caso la selección favorece rasgos que aumenten la habilidad de los machos para adquirir parejas potenciales (por ejemplo, mayor tamaño corporal, estructuras sexuales secundarias utilizadas en enfrentamientos por acceso a una hembra). Un carácter ampliamente estudiado es el tamaño corporal. En casi todas las especies de lagartijas los machos más grandes tienen ventajas reproductivas en relación con los más pequeños. En algunas especies de *Anolis*, por ejemplo, los machos más grandes defienden más exitosamente sus territorios, ahuyentan con mayor frecuencia a machos con-específicos e invaden más frecuentemente los territorios de otros machos (Gorman y Licht, 1973). En la selección intersexual un individuo de un sexo elige a su consorte. Lo más común es elección femenina de machos con determinadas características. Sin embargo, en lagartijas lo más común es que la elección femenina se base en los recursos que un macho controla y no en las características físicas de éste (Shine,

1989). En muchas especies territoriales, por ejemplo, la hembra basa su elección no en características fenotípicas particulares de los machos sino en la calidad y cantidad de recursos (alimento, sitios de alimentación, perchas de asoleo, etc.) incluidas en los territorios que estos defienden (Tokarz, 1995).

### **Selección natural.**

La selección natural también puede favorecer la aparición de diferencias morfológicas sexuales. Machos y hembras tienen roles reproductivos diferentes y muchas veces esta diferencia puede provocar que exploten de manera diferente a su hábitat. En lagartijas vivíparas, por ejemplo, las hembras comúnmente tienen que regular la temperatura de su cuerpo en niveles que sean favorables para el desarrollo de sus embriones. Los machos, por su parte, se ocupan más en actividades de cortejo y con frecuencias eligen perchas más altas y conspicuas que las hembras. Esto provoca que machos y hembras adquieran patrones de coloración diferentes (apropiados para termorregulación y exhibición, respectivamente) (Stebbins *et al.* 1967; Stamps, 1977).

Si machos y hembras explotan el mismo recurso (V. gr., el mismo tipo de alimento) también las diferencias en el tamaño y forma del cuerpo pueden disminuir la competencia intersexual. En muchas especies de lagartijas, los machos poseen cabezas más grandes que las hembras y en algunos casos esta diferencia está asociada a diferencias dietéticas. En general, muchas interacciones y características ecológicas (agresión, territorialidad, uso del espacio, biología termal) de una especie se correlacionan con características morfológicas diferenciales entre sexos, como tamaño de la cabeza, cola, miembros anteriores y posteriores (Anderson y Vitt, 1990; Anderson, 1994; Herrel *et al.* 1996; Vega, 1999; Rocha, 1999; Butler *et al.* 2000 y Lemos- Espinal *et al.* 2002).

### **Selección de fecundidad.**

La selección natural también puede favorecer diferencias en la forma o el tamaño corporal si éstas aumentan la fertilidad en uno de los sexos. En algunas especies las hembras son más grandes que los machos y la explicación más común es que esto aumenta el espacio disponible para la carga de huevos o embriones (Thompson y Withers, 2005). En algunas especies en donde no hay dimorfismo sexual en tamaño, las hembras tienen troncos (longitud axila-ingle) más largos que los machos y se ha detectado una correlación positiva entre el número de descendientes y la longitud hocico-cloaca.

Las hipótesis propuestas para explicar la evolución del dimorfismo sexual no son mutuamente excluyentes. Es posible que dos o más factores favorezcan simultáneamente diferencias sexuales en un carácter particular. Por ejemplo, un mayor tamaño corporal puede aumentar las probabilidades de que un macho salga vencedor en algún combate por el acceso a alguna hembra. Además, su tamaño corporal puede aumentar su probabilidad de supervivencia y disminuir la competencia intersexual por el alimento (se espera que los machos más grandes también posean cabezas más grandes). Por otro lado, estos factores podrían actuar en secuencia. Por ejemplo, un factor (selección sexual) puede favorecer la divergencia en algún rasgo y posteriormente otro (segregación de nichos) aumentar la expresión de la diferencia adquirida. También, es posible que un mecanismo se oponga o restrinja la expresión favorecida por otro factor. Si bien la selección sexual puede favorecer diferencias grandes en la forma del cuerpo (por ejemplo, favoreciendo machos con patrones de coloración conspicuos), la selección natural puede restringir el grado de dimorfismo si esto disminuye grandemente la probabilidad de supervivencia de un sexo (en este caso, los machos).

En muchos casos no es fácil inferir qué mecanismo provocó las diferencias sexuales. Por ejemplo, se ha considerado que el mayor tamaño de la cabeza en los machos (en relación con las hembras) disminuye la competencia intersexual a través de la segregación del nicho alimenticio. Sin embargo, una cabeza más grande también puede tener ventajas en una especie en donde el macho sujete a la hembra durante la cópula y esto hace que sea difícil de probar cual mecanismo provoca la diferencia.

Uno de los géneros más ampliamente estudiado en este y otros aspectos es el género *Sceloporus*. Su distribución incluye prácticamente toda la República Mexicana. Además, la mayoría de las especies de este género son fáciles de observar, recolectar y mantener en cautiverio. En la mayoría de las especies de *Sceloporus* estudiadas hasta la fecha los machos son más grandes que las hembras. También presentan patrones de coloración vistosos (variando desde un verde claro hasta un azul ultramarino, sin dejar de mencionar tonos de color amarillo, naranja, rojo, permitiendo una fácil identificación). También se ha detectado variación amplia en la forma de cuerpo: la cabeza y las extremidades típicamente son más grandes en machos que en las hembras (Schwarzkopf, 2005).

En este trabajo se pretende estudiar el dimorfismo sexual en dos poblaciones de lagartijas del género *Sceloporus*, una habita en una comunidad de selva baja caducifolia al sureste del estado de Puebla y pertenece a la especie ovípara *Sceloporus gadoviae*; la otra *Sceloporus torquatus*, se localiza en una comunidad de matorral xerófilo al sureste del Distrito Federal. Se persiguen dos objetivos principales.

## OBJETIVOS.

- (i) Determinar o caracterizar las diferencias sexuales en dos poblaciones de *Sceloporus*; *Sceloporus gadoviae* y *Sceloporus torquatus*.
- (ii) Describir detalladamente el patrón de coloración de ambas especies tanto machos como hembras.
- (iii) Comparar la naturaleza del dimorfismo presente en ambas especies y discutir las causas de su origen.

## DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES.

***Sceloporus gadoviae*.** Es una lagartija de tamaño medio, la longitud-hocico cloaca de los adultos es alrededor de 6.2 cm. Presenta una foseta dérmica postfemoral y en los machos la cola esta comprimida verticalmente. Los machos poseen una mancha longitudinal de color azul oscuro en la parte media del vientre, la cual es más angosta en la parte media del tronco. Esta mancha esta bordeada a ambos lados por manchas de color azul claro seguidas a su vez por un color amarillo. La garganta también presenta un color azul oscuro seguido por un azul más claro en su porción anterior (Fig. 1).



Figura 1. Ejemplar macho de *Sceloporus gadoviae* (Foto: José Luis García Reyes).

***Sceloporus torquatus* o lagartija de collar.** Es una lagartija vivípara incluida dentro de las especies que forman el grupo *torquatus* del genero *Sceloporus* (Smith, 1936). Normalmente tiene hábitos rocosos, pero en algunos lugares es enteramente arbórea (Smith, *Op. cit.*; Duellman, 1961). Su área de distribución se encuentra limitada al centro de la República Mexicana (Smith, 1939) y abarca elevaciones desde 1 450 hasta 3 000 msnm (Duellman, *Op. Cit.*) (Fig.2).



Figura 2. Ejemplar macho de *Sceloporus torquatus* (Foto: Manuel Feria Ortíz).

#### **ANTECEDENTES.**

Si bien no existen estudios acerca del dimorfismo sexual en *Sceloporus gadoviae*, se han realizado varios trabajos en donde se reportan diferentes aspectos de su biología térmica y reproductiva. Lemos-Espinal *et al.* (1996) y Martínez-Vargas, 2007. Reportan que en las poblaciones del sureste de Puebla y del Cañon del Zopilote, Guerrero, respectivamente, *S. gadoviae* posee un ciclo reproductivo prolongado (10 meses) pero estacional. Posee puestas múltiples. El tamaño promedio de nidada es de 3.8 huevos (Martínez-Vargas, 2007). En los machos los testículos alcanza su mayor peso y volumen en septiembre. En contraste, Ramírez-Bautista *et al.* (2005),

reportan que en Tehuacán, Puebla, tanto los machos como las hembras poseen un ciclo reproductivo continuo. *Sceloporus gadoviae* se alimenta principalmente de hormigas y termitas si bien se comporta como un depredador oportunista y su dieta incluye una variedad de artrópodos pequeños (Feria-Ortiz y Pérez-Malvárez, 2001; Serrano-Cardoso *et al.* 2008). Lemos-Espinal *et al.* (1997) reportan que la temperatura corporal promedio de campo de *Sceloporus gadoviae* (35.05 °C) es relativamente alta en comparación con las encontradas en otras especies de *Sceloporus*. Lemos- Espinal *et al.* (1996), encontraron una relación positiva entre el grado de contacto de los parches ventrales azules de los machos con la longitud hocico-cloaca y el tamaño de los testículos, lo cual sugirieron que el grado de contacto ésta relacionado con la madurez sexual.

Tampoco se ha estudiado específicamente la naturaleza del dimorfismo sexual en *Sceloporus torquatus*. Sin embargo, de manera similar a lo que ocurre con *S. gadoviae*, existen trabajos que reportan datos acerca de su ecología y reproducción. *Sceloporus torquatus* posee un ciclo reproductivo otoñal. La ovulación ocurre a fines de noviembre y principios de diciembre y las crías nacen a mediados de primavera, cuando comienza la época húmeda (Feria-Ortiz, 1986; Guillette y Méndez de la Cruz, 1993; Feria-Ortiz *et al.* 2001a; Ramírez-Bautista, 2002). Durante el invierno, es evidente el desgaste energético en machos y hembras. En una población localizada en Teotihuacán, estado de México, la condición física de ambos sexos disminuye marcadamente de febrero a mayo (Méndez de la Cruz y Gutiérrez-Mayen, 1991). Similarmente, en las hembras de la población del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal, los cuerpos grasos disminuyen totalmente su peso en mayo, después de haber alcanzado su peso máximo en diciembre. Feria-Ortiz (1986; 2001a) demuestra que existe un dimorfismo sexual en el patrón de coloración de ambos sexos. En algunos machos, la coloración dorsal es gris clara, en otros esta coloración parece estar mezclada con un color óxido. No obstante, la mayoría tiene una coloración dorsal verdosa la cual es más acentuada durante la época de reproducción (otoño).

## **JUSTIFICACIÓN.**

En lagartos, como en muchos otros grupos de animales, el dimorfismo sexual está estrechamente relacionado con diferencias sexuales en la ecología y comportamiento reproductivo de los individuos. En consecuencia, su estudio, puede permitirnos aclarar respuestas sobre diferentes aspectos de la ecología y reproducción de estos reptiles. En su forma más básica, el conocimiento de la modalidad con la que se presenta el dimorfismo sexual en una especie nos permite plantear hipótesis sobre su origen y manutención. También, si se consideran conjuntamente los resultados de diferentes estudios sobre dimorfismo sexual, es posible aplicar el método comparativo para probar hipótesis previamente planteadas. De esta forma, por ejemplo, se ha logrado aclarar el significado del dimorfismo sexual en tamaño (sesgado hacia los machos) en algunos grupos de reptiles (Shine, 1989).

Conforme se ha avanzado en el conocimiento de las causas que originan el dimorfismo sexual, todavía existen varias especies para las cuales aún no se conoce bien la naturaleza del mismo. Tal es el caso de *Sceloporus gadoviae* y *Sceloporus torquatus*, dos especies diurnas endémicas de México. Se espera que el estudio del dimorfismo sexual en estas especies contribuya en alguna medida a mejorar el conocimiento de su biología.

## **ÁREA DE ESTUDIO.**

La mayoría de los datos sobre dimorfismo se obtuvieron de ejemplares de museo, todos los ejemplares de una especie particular proceden de una misma población (localidad). Además, la evaluación del dimorfismo en el patrón de coloración se basó en ejemplares recolectados en las localidades involucradas. A continuación se describen brevemente estas áreas.

Los ejemplares de *Sceloporus gadoviae* se recolectaron en los alrededores de los poblados de Huhuetlán (18° 15' 30'' a 18° 30' 60' N y 98° 37' 36'' a 98° 19' 42'' O), Tlancualpicán (18° 26' 00'' a 18° 36' 00'' N y 98° 31' 24'' y 98° 42' 36'' O) y San Francisco (18° 07' 48'' a 18° 09' 42'' N y 98° 21' 00'' a 98° 48' 06'' O). Las tres áreas poseen una altitud de alrededor de 1 000 m. Estos tres poblados pertenecen a los municipios de Huehuetlán el Chico, Chietla y Chiautla en el estado de Puebla (en ese mismo orden).

En total, la superficie de estos municipios es aproximadamente de 215 007 hectáreas. Existen diferentes comunidades vegetales si bien los ejemplares se recolectaron principalmente en selva baja caducifolia (algunos en selva baja espinosa). Sus componentes arbóreos varían en alturas de cuatro a 15 metros, más frecuentemente entre ocho y 12 m. Casi todas sus especies pierden sus hojas por períodos largos durante el año.

Sus principales especies son: *Bursera simaruba*, *Lysiloma divaricata*, *Phoebe tampicensis*, *Acacia coulteri*, *Beaucame ainemis*, *Lysiloma acapulcensis* y *Zuelania guidonia*. Se distingue solo el estrato arbóreo y rara vez está presente el estrato arbustivo y herbáceo (Rzedowski, 1978).

De acuerdo a García, (1988), el área de estudio posee un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, Aw'' o (w) (i) g durante el solsticio, con dos épocas secas, una marcada en invierno y otra corta en verano. La temperatura media del mes más frío es de 18° C. El cociente P/T es menor de 43.2 y el porcentaje de lluvia invernal es entre ocho y 10 de la anual. La diferencia entre el mes más caliente y el más frío es de 5 a 7° C. En la figura 3, se muestra el climograma para el municipio de Chiautla, Puebla.

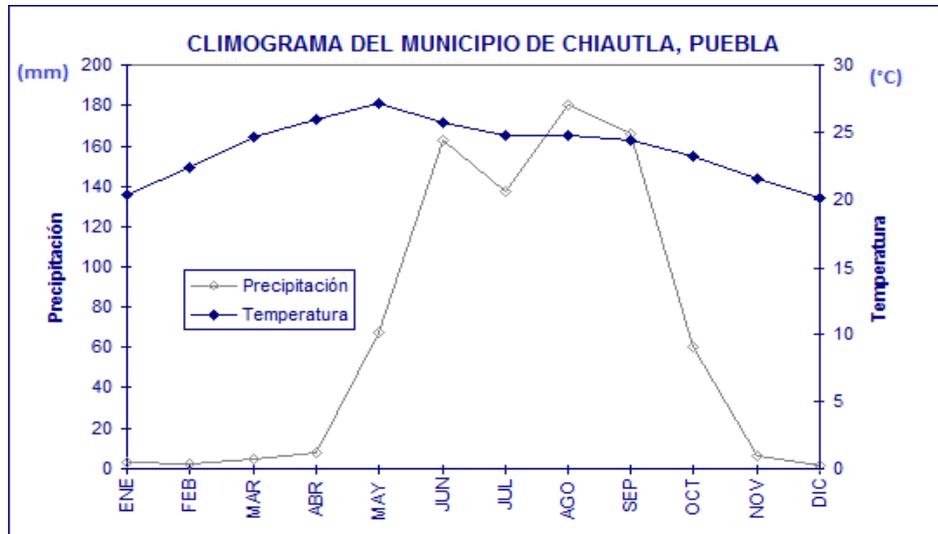


Figura 3. Resumen climatológico para el municipio de Chiautla, Puebla. Tomado de García (1981).

Esta comunidad de *Sceloporus gadoviae* cohabita con *Sceloporus horridus* y otras especies de lagartijas, tales como *Urosaurus bicarinatus*, *Anolis nebulosus* y *Phylodactylus llusbordai*, es abundante en afloramientos rocosos, cañadas y en paredones expuestos al sol. Al noroeste de la zona de estudio existen áreas de cultivo temporal y al noreste existe una zona de pastizal inducido.

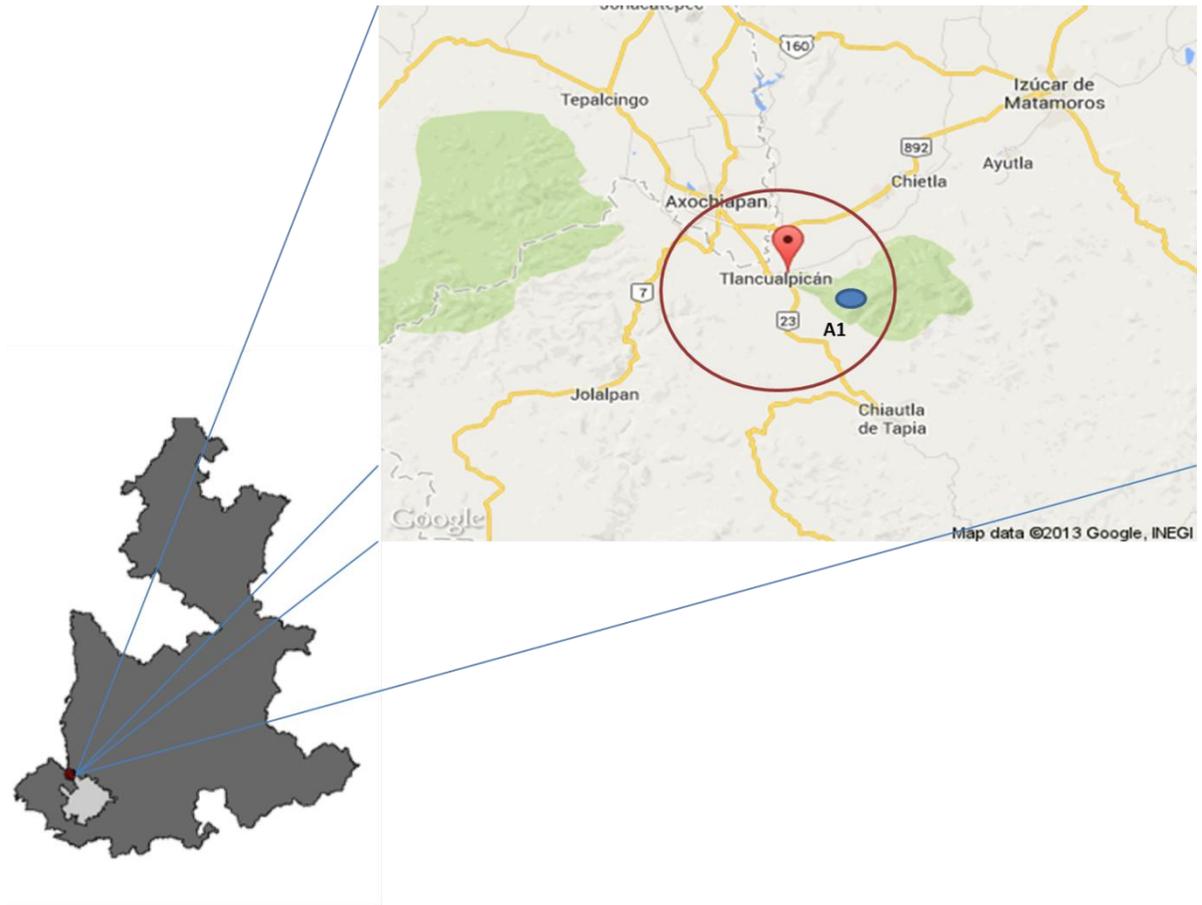


Figura 4. Ubicación del área de estudio para *Sceloporus torquatus*, la parte superior muestra en el círculo azul los sitios de colecta (A1) y el círculo guinda representa la ciudad de Tlancualpican Puebla. (Fuente: Google, INEGI, 2013)

Los organismos de *S. torquatus* fueron colectados en la Delegación Milpa Alta, que se ubica al sureste del Distrito Federal. Esta delegación ocupa el segundo lugar en tamaño entre las delegaciones, después de Tlalpan, con una superficie de 228.41 km<sup>2</sup> (INEGI-GDF, 2001). Se encuentra comprendida entre las coordenadas geográficas: al norte 19°13', al sur 19°03' de latitud norte, al este 98°57', al oeste 99°10' de longitud oeste. Milpa Alta colinda al Norte con las

delegaciones Xochimilco y Tláhuac; al este con la delegación Tláhuac y Estado de México; al sur con el estado de Morelos; al oeste con las delegaciones Tlalpan y Xochimilco.

De acuerdo a la clasificación climática de Koppen, modificada por Enriqueta García, se define por la forma climática: C (w<sub>2</sub>) (w) b (i') g es decir: Clima templado subhúmedo, con lluvias en verano. En Milpa Alta se identifican seis tipos de clima de acuerdo con los datos climatológicos del reporte de INEGI-GDF (2001).

La vegetación predominante es del tipo de bosque templado y frío, donde los elementos dominantes son el pino, oyamel, pino-encino, se pueden encontrar los bosques de *Abies religiosa*, ubicados principalmente en sitios con suelos profundos de buen drenaje, ricos en materia orgánica y humus. Se desarrollan en altitudes de 2 400 a 3 600 msnm y en pendientes de moderadas a fuertes, asimismo, el clima adecuado para su desarrollo es el templado húmedo con precipitación anual de 900 a 1 500 mm con concentración de lluvia en los meses de junio a septiembre y con un régimen térmico de 7.5 a 14 ° C (Velázquez y Romero, 1999).

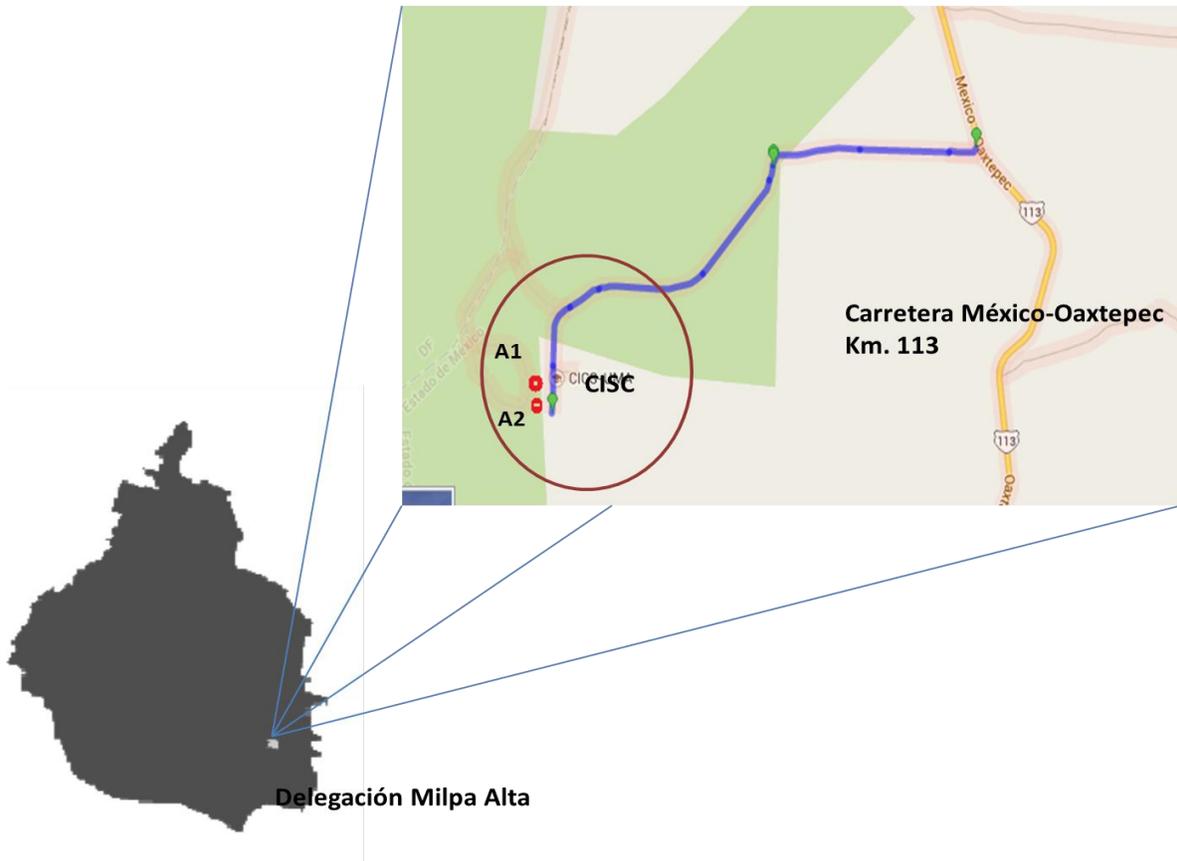


Figura 5. Ubicación del área de estudio para *Sceloporus torquatus*, la parte superior muestra en círculos rojos (A1 y A2) los sitios de colecta y el círculo guinda representa El CICS (Centro Interdisciplinario de Ciencias de la Salud). (Fuente: Google, INEGI, 2013).

## MATERIALES Y MÉTODOS.

### Trabajo de campo.

Se realizaron cuatro salidas a las zonas de estudio para recolectar ejemplares de *S. gadoviae* y *S. torquatus*, dos a los alrededores del poblado de Tlancualpicán, estado de Puebla (Fig. 4), y dos a las cercanías del CICS (Centro Interdisciplinario de Ciencias de la Salud), en la delegación de Milpa alta (Fig. 5). Los primeros dos viajes se realizaron el 27 de junio y 17 de octubre de 2011 y fueron

con el fin de recolectar ejemplares de *S. gadoviae*; los otros dos se llevaron a cabo el 24 de abril y el 23 de mayo de 2012, con el fin de recolectar especímenes de *S. torquatus*. Se capturaron ejemplares de ambas especies (y de ambos sexos). Las capturas se realizaron con la mano o con la ayuda de ligas anchas. El uso de ligas es una técnica ampliamente usada para capturar ejemplares pequeños. Tiene la ventaja de no maltratar el cuerpo de las lagartijas (el ligazo simplemente aturde al ejemplar y facilita su captura).

Los ejemplares recolectados se depositaron en bolsas pequeñas de lona para evitar que se sobrecalienten y de este modo se transportaron al laboratorio.

#### **Trabajo de laboratorio.**

La mayoría de los ejemplares de *S. gadoviae* y *S. torquatus* examinados se encontraban depositados en la colección herpetológica del Museo de Zoología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. Sin embargo, como se señaló arriba, también se realizaron algunos viajes de recolecta con el fin de aumentar el tamaño de muestra y poseer ejemplares frescos para analizar el patrón de coloración.

A cada ejemplar (adulto o juvenil) se le registraron las siguientes variables morfométricas (con un calibrador Vernier de precisión 0.01 mm) (Fig. 6):

(1) Longitud hocico cloaca (LHC): medida de la punta del hocico a la cloaca, (2) Longitud del tronco (LTRNC), medida de la ingle a la axila, (3) longitud de la cola (LCOL), medida de la punta de la cola a la cloaca, (4), condición de la cola (COND COL). Se consideraron tres condiciones: i) completa, se consideró como completa cuando no mostró señas de regeneración, ii) rota y iii) en regeneración, (5) longitud de la cabeza (LCAB), medida de la punta del hocico a la parte posterior del tímpano, (6) ancho de la cabeza (ACAB), medida a la altura de la cabeza (7), Longitud del cuello (L CUELL), medida de la parte posterior del tímpano a la axila, (8) longitud del hocico (LCIC),

medida de la punta del hocico hasta donde termina la abertura de la boca, (9) longitud de la tibia (LTIB), medida de la rodilla al tobillo, (10) Longitud del fémur (L FEM), medida de la rodilla a la ingle, (11), longitud del cuarto dedo de la extremidad izquierda posterior, (L4 DEDO) medida desde donde comienza el dedo hasta la punta del mismo, (12) Ancho de la base de la cola (ANB COL), medida a la altura de la cloaca, (13) longitud del antebrazo (L ANTB), medida del codo a la muñeca, y (14), longitud del brazo, medida de la axila al codo (LBZO).

Se registró el patrón de coloración de 15 ejemplares adultos: cuatro hembras y cuatro machos de *S. gadoviae* y tres hembras y cuatro machos de *S. torquatus*. Se tomaron dos fotografías digitales de cada ejemplar (vista dorsal y vista ventral) con una cámara digital Panasonic® Modelo DMZ-ZS1. Para estandarizar la toma de fotografías, se utilizó un soporte para cámara digital con una base fija a una distancia de 131.79 mm con respecto al ejemplar. Además, todas las fotografías se tomaron bajo condiciones de iluminación similares. Posteriormente, las fotos se visualizaron en un programa de cómputo (ImageJ.) y se registró el color a través de códigos numéricos estandarizados y de manera nominal, en el código de colores RGV (rojo, verde y azul) proporcionados por Windows Seven. Se registró el color de partes representativas del ejemplar (principalmente dorso, vientre y región gular).

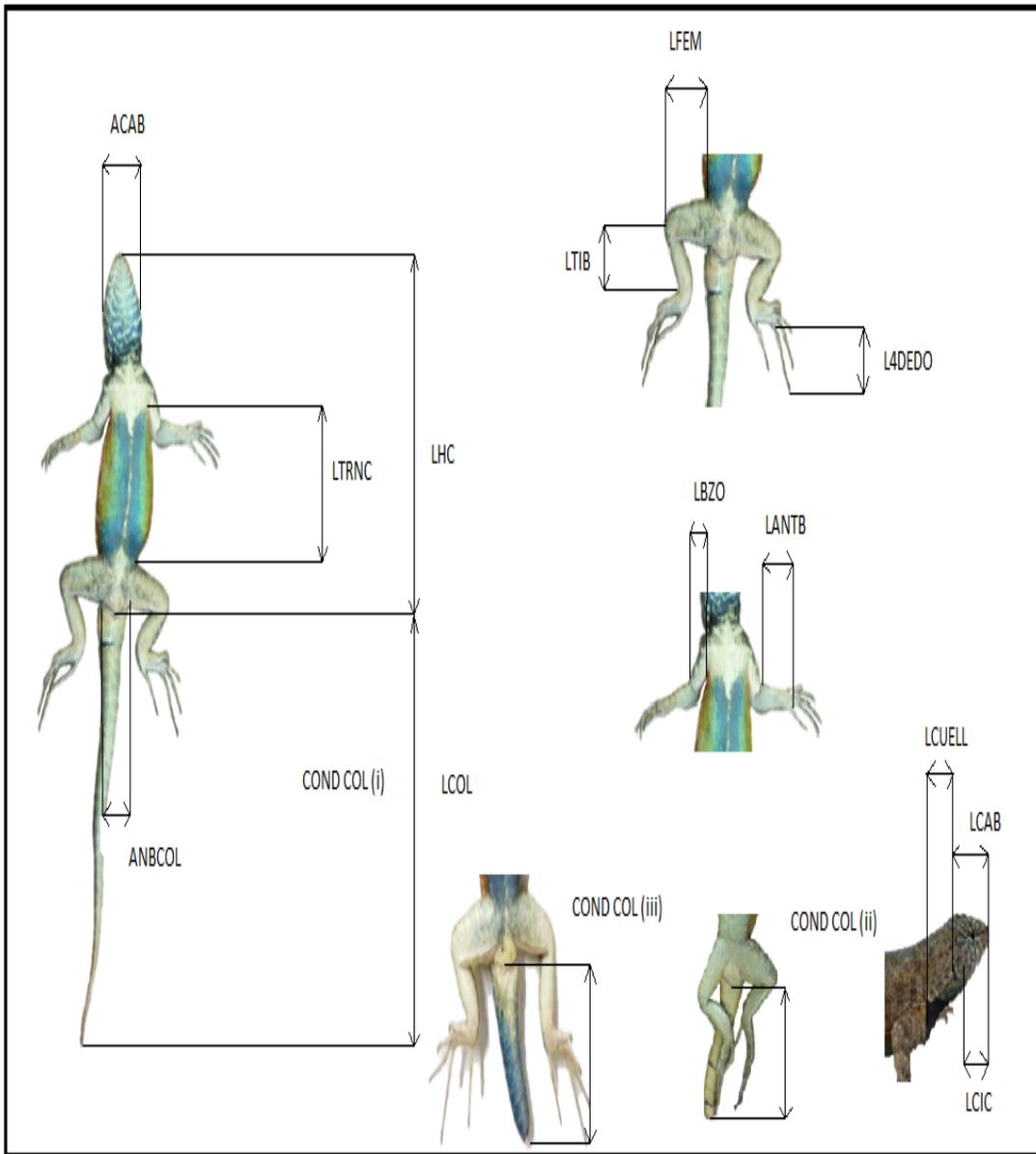


Figura 6. Diferentes variables morfométricas medidas en *Sceloporus gadoviae* y *Sceloporus torquatus* (Elaboro: José Luis García Reyes).

### **Tratamiento de datos.**

Para cada variable registrada, se calcularon promedios (más menos un error estándar) e intervalos de variación. Se calcularon datos estadísticos para machos y hembras adultas, y para juveniles. Previo a los análisis estadístico (pruebas de t de student y análisis de covarianza), se exploraron los datos para verificar si cumplían con los requisitos de las pruebas señaladas. Posteriormente, con el fin de ajustar, o de mejorar el ajuste de los valores registrados a los requisitos de las prueba, los valores registrados se transformaron a valores logarítmicos (base 10).

Se realizó una prueba de t de student (para cada especie) para evaluar si existían o no diferencias sexuales significativas en la longitud hocico-cloaca. En seguida, para cada variable dependiente del tamaño corporal (LHC), se realizó un análisis de covarianza de una vía (ANCOVA). En el caso de las colas únicamente se consideraron las medidas correspondientes a las colas completas. En todos los ANCOVAs se consideró a la longitud-hocico cloaca como variable independiente, al sexo como variable categórica (factor), y a la variable bajo análisis (LTRNC, LCOL, LCAB, etc.) como variable dependiente.

No fue posible distinguir el sexo en organismos jóvenes de *S. gadoviae*. Por esta razón, en el caso de esta especie, todos ellos formaron un solo grupo. También, para cada especie, se realizaron análisis de covarianza de una vía para detectar diferencias en las medidas registradas entre adultos y juveniles.

Se realizaron análisis de regresión lineal con el propósito de detectar diferencias sexuales en los patrones de crecimiento alométrico de los caracteres morfométricas registrados (excepto la LHC). En cada análisis se consideró a la LHC como variable independiente y al otro carácter (v. gr., longitud del tronco o longitud de la cabeza, etc.) como variable dependiente, para cada “carácter dependiente” (LTRNC, LCAB, etc.) se realizaron tres análisis, uno para machos adultos, otro para hembras adultas y el tercero para juveniles.

Se realizaron análisis de regresión únicamente en el caso de caracteres que mostraron diferencias sexuales significativas.

Se utilizaron las pendientes de las rectas de regresión para evaluar el crecimiento de los caracteres morfométricos (esto es, de las dimensiones corporales que representan). Si la pendiente es uno se considerará que el carácter crece de manera isométrica. Si es mayor a uno se considerara que el crecimiento es alométrico positivo (el carácter en cuestión, o más bien la dimensión del cuerpo involucrado) crece más rápido en relación a crecimiento del organismo). Alternativamente, una pendiente menor a uno indicara un crecimiento alométrico negativo.

En todos los análisis se consideró un nivel de significancia de 0.05. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa de cómputo Statistica versión 7 (Statsoft Inc., 1984-2004).

## **RESULTADOS.**

### **Dimorfismo sexual en tamaño del cuerpo.**

***Sceloporus gadoviae*.** Se examinaron 134 organismos adultos de *Sceloporus gadoviae*, 89 machos y 45 hembras. Los machos tuvieron una LHC promedio significativamente mayor que la de las hembras ( $t = 4.27$ ;  $gI = 1.32$ ;  $p < 0.0001$ ). Las LHCs promedio de machos y hembras fueron  $57.8 \pm 0.06$  (39.9-76.4) y  $51.28 \pm 0.03$  (44.1-58.4).

El cuadro 1, muestra los resúmenes estadísticos para las variables morfométricas correspondientes a machos y hembras de *S. gadoviae*. También se muestra la significancia estadística de las diferencias sexuales en los promedios involucrados. Si bien los análisis se realizaron con datos log-transformados, con el objeto de tener una apreciación de las verdaderas dimensiones de los organismos, los promedios e intervalos de variación se calcularon a partir de datos puros.

No hubo diferencias sexuales significativas en la LTRNC, LCAB, LCUELL, LOCIC, L BZO, B COLA, ACAB y en el PESO. Únicamente se detectaron diferencias significativas en la longitud de las extremidades y la longitud de la cola completa. La longitud del fémur y la del cuarto dedo de la extremidad posterior fueron más grandes en los machos que en las hembras. La longitud de la tibia también resulto mayor en machos que en hembras pero en este caso las diferencias fueron marginalmente significativas ( $p = 0.09$ ). Asimismo, la longitud del antebrazo y la longitud de las colas fueron mayores en machos que en hembras (cuadro 1).

Cuadro 1. Promedios ( $\pm 1ES$ ) e intervalos de variación correspondientes a las variables morfométricas (incluyendo el peso corporal) registradas en 89 machos y 45 hembras en ejemplares de *S. gadoviae*. Se muestran valores reales. La columna de la derecha muestra el valor de F y la significancia de la prueba. Ns = no significativo ( $> 0.05$ ), Ms= marginalmente significativo ( $0.05 < p < 0.1$ ), \* = significativo ( $< 0.05$ ), \*\*\* = altamente significativo ( $< 0.001$ ). Ver método para el significado de las abreviaturas.

	$\bar{X} \pm ES$ (MIN-MAX)		Significancia.
	Machos.	Hembras.	
LCAB	13.48 $\pm$ 0.007 (06.8-19.4)	12.02 $\pm$ 0.010 (07.3-15.2)	$F_{1,131}=0.33$ ; Ns
LBZO	10.71 $\pm$ 0.004 (07.1-15.8)	10.47 $\pm$ 0.005 (08.5-12.4)	$F_{1,131}=0.28$ ; Ns
BCOL	08.51 $\pm$ 0.005 (05.5-12.9)	07.94 $\pm$ 0.007 (06.1-13.2)	$F_{1,131}=0.05$ ; Ns
ACAB	10.47 $\pm$ 0.004 (06.2-13.9)	09.33 $\pm$ 0.005 (03.6-12)	$F_{1,131}=0.56$ ; Ns
PESO	08.12 $\pm$ 0.016 (02.7-17.0)	06.02 $\pm$ 0.023 (03.5-09)	$F_{1,34}=0.12$ ; Ns
LTRNC	26.91 $\pm$ 0.004 (17.2-38.9)	24.52 $\pm$ 0.005 (17.7-32.3)	$F_{1,131}= 1.85$ ;Ns
LCUELL	10.23 $\pm$ 0.006 (04.5-16.6)	09.12 $\pm$ 0.008 (07.1-18.5)	$F_{1,131}=0.60$ ; Ns

LOCIC	09.33±0.004 (06-13.7)	08.31±0.006 (06.1-11.9)	F <sub>1,131</sub> =0.22; Ns
LTIB	10.47±0.004 (06.2-14.5)	09.33±0.006 (07.4-11.3)	F <sub>1,131</sub> =2.78; Ms
LFEM	12.30±0.004 (08.5-17.0)	10.47±0.005 (08.6-12.2)	F <sub>1,131</sub> =13.15***
LANTB	08.31±0.005 (05.7-14.2)	07.24±0.007 (05.7-14.2)	F <sub>1,131</sub> =6.05*
L4DEDO	09.54±0.006 (06.1-14.1)	08.31±0.008 (06.4-12.2)	F <sub>1,131</sub> =6.08*
LCOL	30.90±0.039 (04.1-85.2)	22.38±0.055 (04.1-85.2)	F <sub>1,131</sub> =0.20; Ns
LCOLC	60.25±0.009 (41.4-85.2)	51.28±0.014 (20.9-32.3)	F <sub>1,62</sub> =5.22*

Número de organismos de juveniles 23 ; Número de organismos con colas completas (**LCOLC**) 46 machos, 19 hembras.

### Alometría.

Las figuras siete y ocho muestran las rectas correspondientes a las regresiones entre la LHC y cada una de las variables morfométricas que resultaron sexualmente dimórficas. En los jóvenes el crecimiento del cuarto dedo y del fémur fue alométrico positivo con respecto a la LHC (Fig. 8). En los adultos el crecimiento de estas partes corporales fue diferente en machos y hembras. En las últimas fue alométrico negativo ( $m = 0.48$  y  $0.68$  para la longitud del fémur y del cuarto dedo, respectivamente). En los machos el crecimiento de la longitud del fémur fue isométrico ( $m = 1.02$ ), y la del cuarto dedo casi isométrico ( $m = 0.91$ ). Dicho de otra forma, en los jóvenes el fémur y el cuarto dedo crecen más rápidamente en relación al crecimiento corporal (LHC), mientras que en los adultos tiende a ocurrir lo contrario (si bien hay diferencias entre machos y hembras).

Aunque no se pudieron distinguir sexos en los jóvenes, los valores relativamente altos de las pendientes involucradas (señaladas arriba) sugieren que parte de las diferencias sexuales en la

longitud de las extremidades posteriores pueden adquirirse antes de la madurez sexual; después de la misma las diferencias pueden acentuarse aún más como consecuencia de las diferencias sexuales en las modalidades de crecimiento de estas partes corporales.

El crecimiento del antebrazo fue alométrico negativo en los jóvenes (Fig. 8). Esto sugiere que la longitud del mismo en relación al cuerpo debe disminuir conforme crecen los organismos. En los adultos, el crecimiento del antebrazo sigue siendo alométrico negativo en las hembras ( $m = 0.74$ ; Fig. 7). Sin embargo, en los machos el crecimiento es isométrico ( $m = 1$ ; Fig. 7). De este modo, las diferencias sexuales en la longitud del antebrazo parecen adquirirse después de la madurez sexual. Al contrario, el crecimiento de la longitud de la cola es similar en ambos sexos. En este caso no es claro si las diferencias sexuales detectadas en los adultos están presentes desde el nacimiento o si se adquieren durante el crecimiento de los jóvenes.

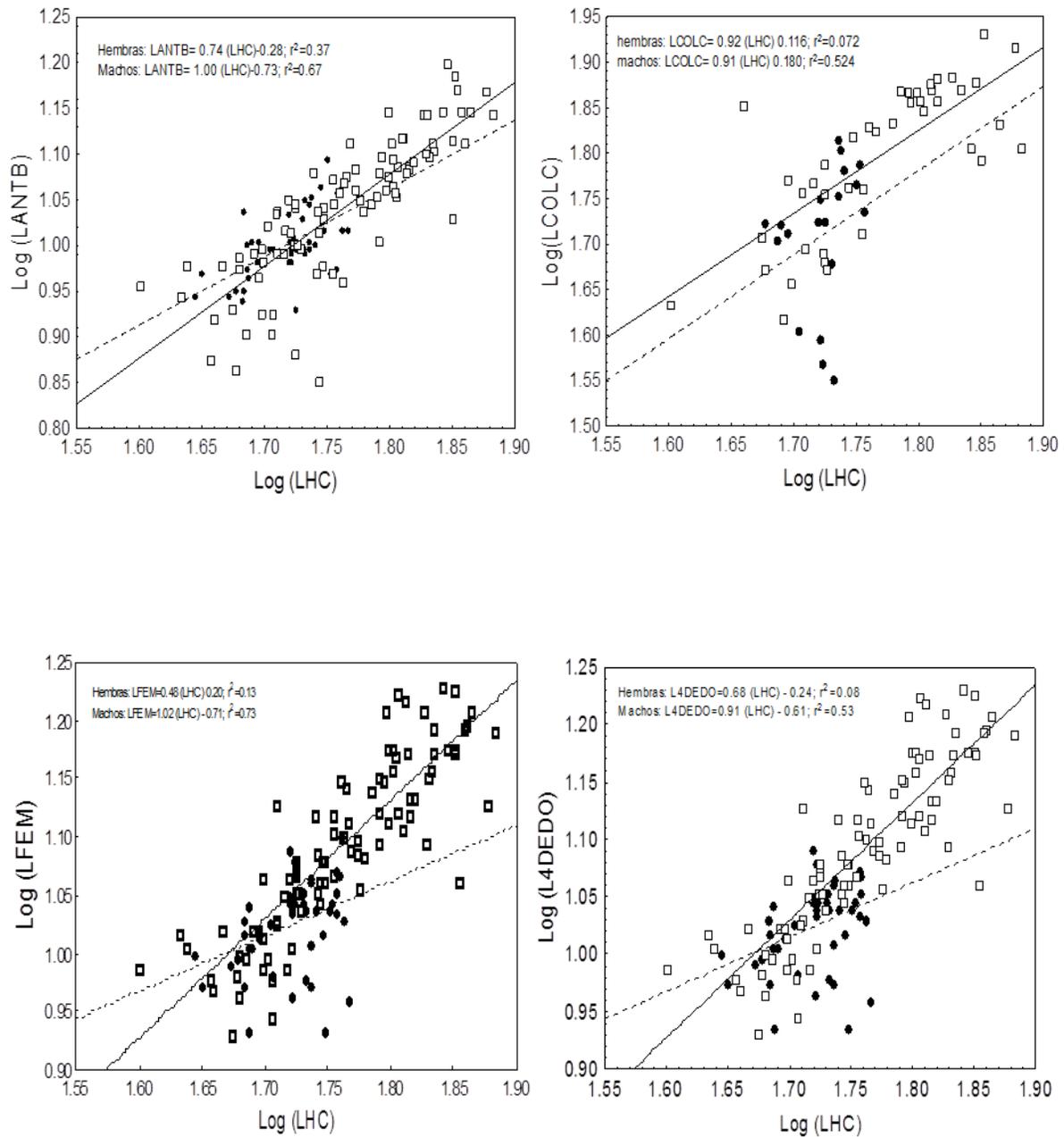


Figura 6. Regresiones lineales entre la longitud hocico cloaca, la longitud del antebrazo (LANTB), la longitud de la cola(LCOLC), la longitud del fémur (LFEM) y la longitud del cuarto dedo (L4DEDO) para machos (cuadros blancos) y hembras (círculos negros) de la población *S. gadoviae* de Tlancualpicán,Puebla.

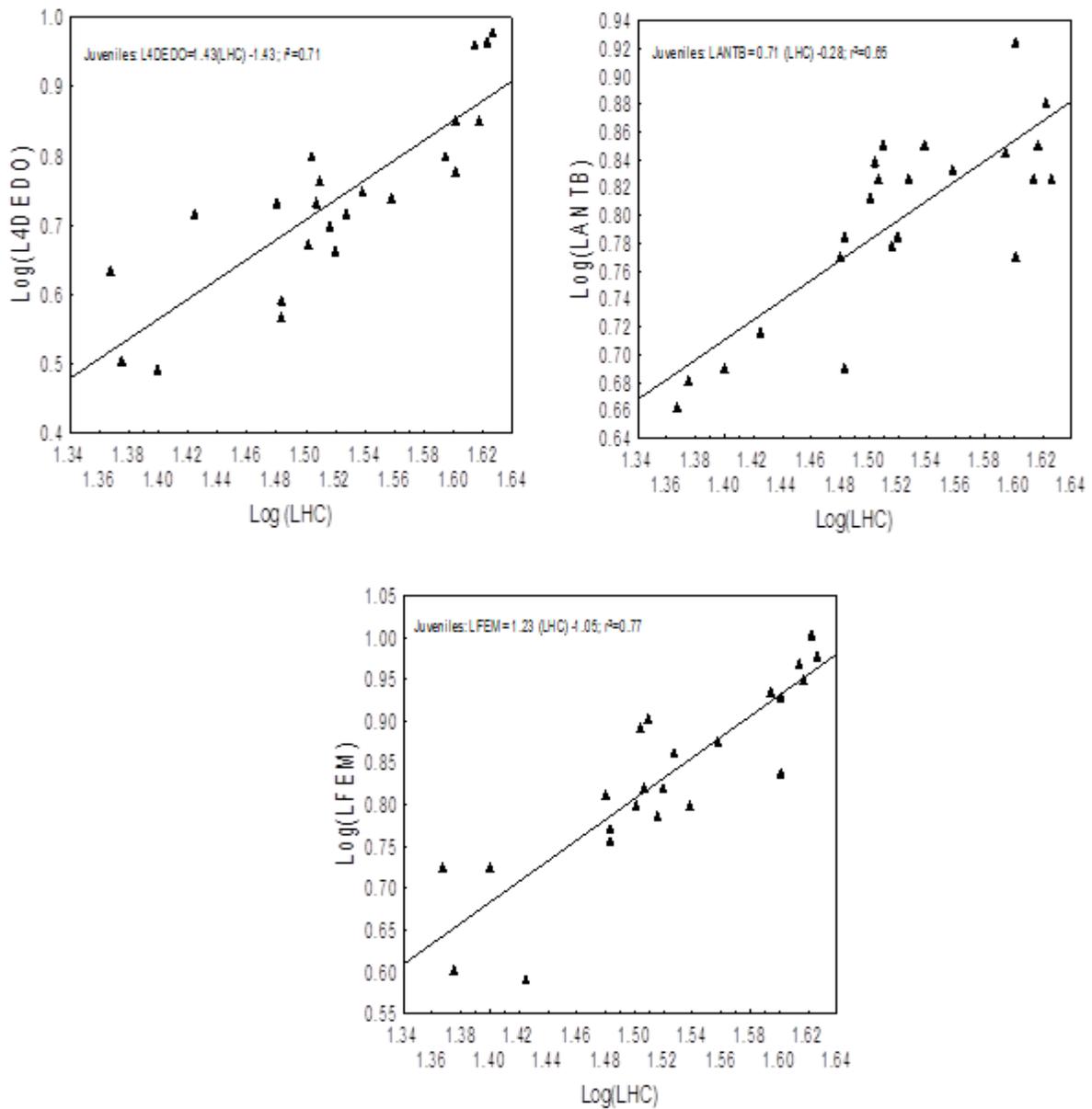


Figura 7. Regresiones lineales entre la LHC y la longitud del cuarto dedo (L4DEDO), la longitud del antebrazo (LANTB) o la longitud del fémur (LFEM) para los jóvenes de la población de *S. gadoviae* de Tlancualpicán, Puebla.

### **Dimorfismo en el patrón de coloración.**

***Sceloporus gadoviae*.** Se examinaron ocho ejemplares, cuatro machos y cuatro hembras (Fig.9 y 10). Existe un claro dimorfismo sexual en el patrón de coloración corporal. A continuación se describe el patrón de coloración de cada sexo. Debido a que éste es similar en los cuatro machos examinados, con el fin de evitar repeticiones innecesarias, se describe a detalle el patrón de coloración de uno de los ejemplares y posteriormente se resaltan las variaciones más notables.

#### **Machos.**

**Coloración ventral.** El ejemplar M1 posee una banda de color verde-amarillo a cada lado de la parte exterior del vientre (figura 10). Cada banda se prolonga desde la axila hasta cerca de la ingle. La longitud y el ancho máximos de cada banda son de 45 y 11 escamas, respectivamente. El tono del color varía ligeramente dentro y entre las bandas. El color promedio de seis puntos tomados al azar, según el código de colores (RGV) proporcionado por Windows Seven, fue 135, 154, 37 (para R, V y A, respectivamente). El límite lateral de cada banda (hacia los costados) se ubica en el margen inferior de la parte lateral del cuerpo. Este límite se continúa con un color rojo claro (122, 78, 42) el cual se torna de un color azul claro en la parte dorsal del cuerpo. Hacia el lado ventral, cada banda esta bordeada en toda su longitud por una banda de color azul turquesa. El ancho máximo de esta segunda banda es de cuatro escamas. El tono del color también varía ligeramente tanto entre como dentro de las bandas (promedio de seis puntos: 91, 138, 116). Las dos bandas azul turquesa están limitadas por una tercera banda de color azul ultramarino. Esta tercera banda cubre toda la parte ventral del cuerpo restante, desde una línea imaginaria a la altura de las axilas hasta otra línea imaginaria ubicada donde comienzan las extremidades posteriores (Figura 10). No obstante, los muslos de ambas piernas también presentan bandas de color azul marino (el color ventral de las extremidades anteriores y posteriores es gris claro: 158, 153, 132). El color azul

ultramarino de la banda medio ventral es variable a lo largo de su extensión. El valor promedio de tres puntos fue 45, 66, 96. La longitud máxima de esta banda fue de 60 escamas. La banda es más angosta en la parte media del vientre (20 escamas) y se ensancha hacia sus extremos posterior y anterior ( $\approx 25$  escamas). La porción anterior del vientre, desde unas cuatro a cinco escamas anteriores al cuello hasta donde comienzan las bandas coloreadas, es de color gris claro (promedio de tres puntos: 170, 166, 137). El color de la parte ventral del cuello (una franja de alrededor de 10 escamas) es azul oscuro (casi negro: 31, 34, 37). El color de la región gular también es de color azul ultramarino, similar a la de la tercera banda descrita previamente pero de un tono menos intenso que el presentado en el cuello (78, 96, 98).

La cola se encuentra parcialmente regenerada en el macho M1 (figura 10). El ejemplar perdió un fragmento de cola y la porción regenerada es de 37.1 mm de longitud. El color de esta porción regenerada es gris oscuro (80, 80, 85).

**La parte dorsal** del cuerpo (alrededor de la línea vertebral) presenta escamas con manchas de color azul marino (90, 97, 91) en un fondo de color café-naranja (71, 53, 40). El color café-naranja se extiende hacia los costados y en la parte más inferior adquiere un color más rojizo, el cual se continúa con el primer par de bandas ventrales descritas arriba (las bandas verde-amarillo). La parte dorsal de las extremidades traseras es de color café claro (62, 81, 91). La parte lateral del cuello también se de color café claro. La parte dorsal de la cabeza es de color café pero presenta algunas escamas con manchas azules.

El patrón de coloración de los otros tres ejemplares (M2 a M4 en la figura 10) es, en términos generales similar al del ejemplar M1. Sin embargo, hay algunas variaciones importantes. Las variaciones ocurren tanto en el tono de los colores como de la extensión de los mismos. En el ejemplar M2 los tonos de los colores de las manchas dorsales y de la región gular son, en general,

más claros que en el ejemplar M1. Lo contrario ocurre con el macho M3. En particular el color azul ultramarino de la banda media ventral y de la región gular es más oscuro. Además, el área que va del cuello hacia una línea imaginaria a la altura de la axila, la cual es de color gris claro en el ejemplar M1, también es de color azul (si bien hay seis puntos de color gris claro a lo largo de la línea media ventral) en el macho M3 (Fig. 10). Los tres machos (M2 a M4) presentan una serie de barras claras longitudinales en la región de la garganta. Esto es más claro en el ejemplar M4 (Figura 9). La parte ventral del muslo y de la región en torno al hocico son más azulados que en el ejemplar M1. El ejemplar M4 presenta colores aún más claros. En este caso, la banda mediodorsal no es continúa sino que queda dividida en dos bandas por la presencia de una línea de color gris claro que se presenta a lo largo de la línea media ventral. Por otro lado, toda la región gular es de color azul claro.

El color gris oscuro de la cola del ejemplar M1 se debió a que no presentó una cola totalmente regenerada. Además, el ejemplar había perdido totalmente la cola y el tramo de cola en crecimiento aún era muy pequeño. El ejemplar M2 también perdió su cola. Sin embargo, como puede observarse en la figura 9, no perdió toda la cola. El remanente de cola que le quedó muestra es de color azul (62, 81, 91). El ejemplar M3 posee la cola casi completa. Es de color azul marino en toda su longitud excepto en la porción regenerada. Se encuentra lateralmente aplanada.

### **Hembras.**

**Región ventral.**- El ejemplar H1 (Fig. 9) presenta dos parches ubicados en los costados de la región ventral de 40 escamas de longitud, 15 escamas en la parte media, siete escamas en la parte axilar y cinco escamas en la parte de la ingle, de un color naranja claro (128, 95, 54). Estas bandas están separadas por una región media que presenta un color gris claro brillante (114, 148, 121).

Mientras que en la cola se aprecia una tonalidad de gris muy claro (130, 117, 75). Cabe mencionar que en la región gular se aprecian seis bandas de un color azul (144, 152, 121), presentes en todos los organismos. El cuello presenta un manchón de color naranja (129, 96, 45) similar a la de las bandas iniciales aunque más claras. Las extremidades inferiores como en las extremidades superiores el color es muy similar al de la región media (144, 152, 121) sin embargo la cloaca está rodeada por un gris mucho más oscuro (95, 85, 70) que el resto de la región ventral. La región dorsal en las hembras de *Sceloporus gadoviae* presentan un café con tonalidades de amarillo en toda la longitud del organismo (190, 188, 140).

Sin embargo, la región **mediadorsal** cuenta con un color violeta (144, 141, 129) que el resto del cuerpo, aunque también se puede apreciar en la región manchas de escamas de color café y manchas de escamas amarillas, incluyendo las extremidades. El cuello y la cabeza se aprecian un fondo de un café más claro que el resto del cuerpo

El patrón de coloración de los tres ejemplares restantes (H2, H3, H4 Fig. 9) presenta en términos generales los mismos patrones de coloración que el ejemplar H1, estos colores pueden cambiar de tonalidad en cada ejemplar así como el tamaño de los parches. Sin embargo el ejemplar H4 presenta bandas de color azul (217, 240, 223) presentes en todo el perímetro de la región gular.

El organismo H2 presenta las mismas bandas pero con un color azul-gris (154, 168, 168) y en su región media se puede apreciar un par de bandas de color azul cielo-gris (139, 145, 135), que bordean los parches iniciales de color naranja y cuentan con una longitud de seis escamas, estas bandas están separadas por una línea media que van desde la ingle hasta la región inicial del pecho y presentan un color azul claro (153, 164, 158) que abarca el resto del cuerpo y ausentes en

todos los demás organismos. Los ejemplares H1 y H3 presentan una cola rota, pero es apreciable un color gris-rosa (191, 185, 153), ausente en el organismo H2.

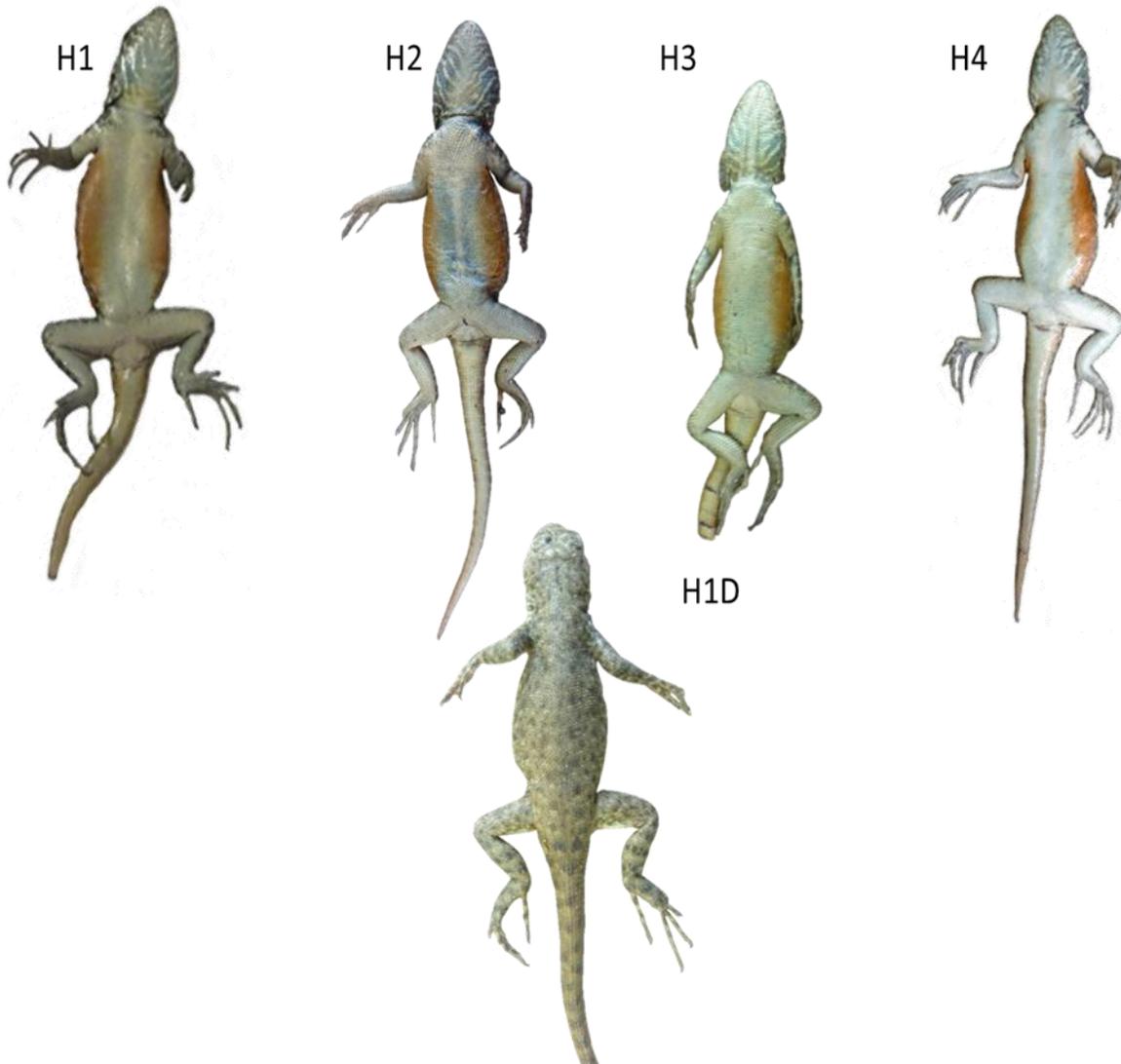


Figura 9. Vista ventral (arriba) y dorsal (abajo) de 4 ejemplares hembras (H) de *Sceloporus gadoviae* en una población de Tlancualpicán, Puebla. (Foto: José Luis García Reyes).

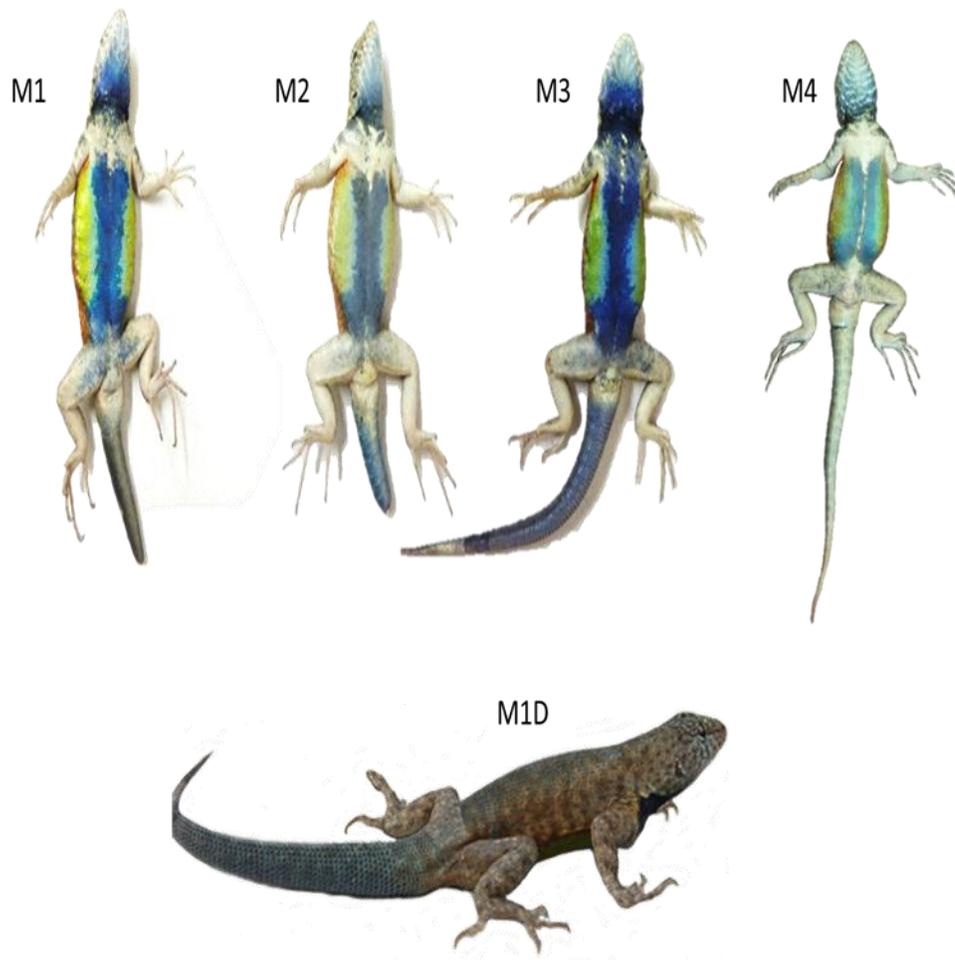


Figura 10. Vista ventral (arriba) y dorsal (abajo) de cuatro ejemplares machos (M) de *Sceloporus gadoviae* en una población de Tlancualpicán, Puebla. (Foto: José Luis García Reyes).

### **Dimorfismo sexual en tamaño del cuerpo.**

***Sceloporus torquatus***. Se examinaron 37 organismos adultos de *Sceloporus torquatus*, 18 machos y 19 hembras. Los machos tuvieron una LHC promedio significativamente mayor que las hembras ( $t = 4.94.8$ ;  $gl = 35$ ;  $p = 0.000019$ ). Las LHCs promedio de machos y hembras fueron  $95.63 \pm 0.0385$  (80-110.5) y  $82.07 \pm 0.0427$  (71-94.6).

No hubo diferencias sexuales significativas en la LTRNC, LCUELL, LOCIC, LTIB, LFEM y LANTB (Cuadro 2). Se detectaron diferencias significativas en la longitud y ancho de la cabeza, de igual manera en la longitud del brazo en donde los machos tuvieron promedios más grandes que las hembras. La longitud del cuarto dedo y la longitud de la cola (completa, rota y regenerada) mostraron diferencias, pero marginalmente significativas ( $p=0.09$ ,  $p=0.08$ ) respectivamente, en el cual los machos son mayores que las hembras. Asimismo la base de la cola ( $p<0.0001$ ) y el peso corporal ( $p=0.0003$ ) muestran una alta significancia, en el que se muestra claramente un promedio mayor en los machos que en las hembras.

Cuadro 2. Promedios ( $\pm$  1ES) e intervalos de variación correspondientes a las variables morfométricas (incluyendo el peso corporal) registradas en 18 machos y 19 hembras en ejemplares de *S. torquatus*. Se muestran valores reales La columna de la izquierda muestra el valor de F y la significancia de la prueba. Las abreviaciones son similares al cuadro 1.

	$\bar{X} \pm ES$ (MIN-MAX)		Significancia
	Machos.	Hembras.	
LCAB	22.90 $\pm$ 0.004 (19.5-26.3)	19.67 $\pm$ 0.004 (17.1-22.7)	F <sub>1,34</sub> =5.73*
L BZO	15.63 $\pm$ 0.005 (13.6-17.6)	13.64 $\pm$ 0.004 (11.3-15.9)	F <sub>1,34</sub> =4.24*
BCOL	14.85 $\pm$ 0.005 (15.6-15.8)	12.10 $\pm$ 0.005 (10.7-14.4)	F <sub>1,34</sub> =32.54***
ACAB	20.60 $\pm$ 0.008 (17.3-24.9)	16.10 $\pm$ 0.008 (12.4-19.4)	F <sub>1,34</sub> =10.70*
PESO	32.21 $\pm$ 0.011 (18.1-46.2)	18.19 $\pm$ 0.010 (11.5-27.8)	F <sub>1,34</sub> =15.86***
LTRNC	43.64 $\pm$ 1.645 (34.2-55.1)	30.01 $\pm$ 1.580 (29.4-49.4)	F <sub>1,34</sub> =2.47; Ns
LCUELL	15.41 $\pm$ 0.011 (12.2-19.1)	13.52 $\pm$ 0.010 (10.2-17.2)	F <sub>1,34</sub> =0.01; Ns
LOCIC	16.10 $\pm$ 0.007 (13.7-19.5)	13.83 $\pm$ 0.007 (11.8-16.6)	F <sub>1,34</sub> =2.70; Ns
LTIB	15.17 $\pm$ 0.008 (13.0-18.5)	13.48 $\pm$ 0.007 (09.7-15.1)	F <sub>1,34</sub> =1.95; Ns
LFEM	19.14 $\pm$ 0.007 (15.9-22.8)	16.33 $\pm$ 0.007 (13.2-18.7)	F <sub>1,34</sub> =1.99; Ns
LANTB	12.05 $\pm$ 0.005 (10.2-14.5)	10.39 $\pm$ 0.005 (08.9-11.5)	F <sub>1,34</sub> =3.74; Ns
L4DEDO	3.36 $\pm$ 0.054 (3.2-3.6)	03.98 $\pm$ 0.025 (03.5-04.7)	F <sub>1,7</sub> =8.74*
LCOL	23.33 $\pm$ 0.06 (18.5-27.4)	25.0 $\pm$ 0.053 (10.0-34.7)	F <sub>1,7</sub> =0.010; Ns

Número de organismos con colas completas, (**LCOLC**) 12 machos y 12 hembras.

Cuadro 3. Promedios ( $\pm$  1ES) e intervalos de variación correspondientes a las variables morfométricas (incluyendo el peso corporal) registradas en 6 ejemplares hembras y 4 ejemplares machos de *S. torquatus* juveniles. Se muestran valores reales. La columna de la izquierda muestra el valor de F y la significancia de la prueba. Las abreviaturas son similares que en el cuadro 1.

$\bar{X} \pm ES$ (MIN-MAX)			
	Machos	Hembras	Significancia.
LCAB	6.47 $\pm$ 0.025 (4.9-7.9)	6.29 $\pm$ 0.020 (4.5-7.5)	F <sub>1,7</sub> =1.621; Ns
LBZO	3.86 $\pm$ 0.011 (3.5-4.2)	4.13 $\pm$ 0.009 (3.5-4.9)	F <sub>1,7</sub> =0.738; Ns
BCOL	3.31 $\pm$ 0.034 (2.9-3.7)	3.65 $\pm$ 0.028 (3.0-4.9)	F <sub>1,7</sub> =0.626; Ns
ACAB	5.63 $\pm$ 0.014 (5.1-6.3)	6.27 $\pm$ 0.011 (5.5-8.1)	F <sub>1,7</sub> =2.277; Ns
PESO	1.12 $\pm$ 0.074 (0.97-1.45)	1.00 $\pm$ 0.061 (0.55-1.76)	F <sub>1,7</sub> =0.338; Ns
LTRNC	10.66 $\pm$ 0.01 (9.3-12.0)	10.56 $\pm$ 0.01 (7.9-14.4)	F <sub>1,7</sub> =2.400; Ns
LCUELL	6.48 $\pm$ 0.025 (3.2-4.5)	6.29 $\pm$ 0.020 (3.1-5.7)	F <sub>1,7</sub> =1.621; Ns
LOCIC	3.58 $\pm$ 0.012 (3.2-3.9)	3.85 $\pm$ 0.010 (3.2-4.9)	F <sub>1,7</sub> =0.461; Ns
LTIB	4.14 $\pm$ 0.014 (3.5-4.9)	4.23 $\pm$ 0.011 (3.2-5.7)	F <sub>1,7</sub> =1.527; Ns
LFEM	4.89 $\pm$ 0.021 (3.8-5.5)	5.33 $\pm$ 0.017 (4.5-6.2)	F <sub>1,7</sub> =0.572; Ns
LANTB	3.36 $\pm$ 0.010 (3.2-3.8)	3.73 $\pm$ 0.008 (3.2-4.5)	F <sub>1,7</sub> =4.381 Ms
L4DEDO	3.36 $\pm$ 0.054 (3.2-3.6)	3.98 $\pm$ 0.025 (3.5-4.7)	F <sub>1,7</sub> =8.74*
LCOL	23.33 $\pm$ 0.06 (18.5-27.4)	25.0 $\pm$ 0.053 (10.0-34.7)	F <sub>1,7</sub> =0.010; Ns

## **Alometría.**

Las figuras 11 y 12 muestran las regresiones lineales entre la LHC y las variables que resultaron significativamente dimórficas. En hembras y machos adultos, la longitud de la cabeza, la longitud de la base de la cola y la longitud del brazo resultaron con un crecimiento alométrico negativo ( $m=0.68$  y  $0.62$ ,  $m=0.66$  y  $0.37$ ,  $m=0.57$  y  $0.78$  respectivamente; Fig.10). Esto nos permite inferir que el crecimiento de las longitudes señaladas es lento con respecto a la LHC. El peso corporal en hembras y machos muestra un crecimiento alométrico positivo, con valores relativamente altos ( $m=2.41$  y  $2.70$  Fig.10). Estas pendientes sugieren que conforme el individuo adquiere una mayor longitud hocico cloaca, el peso corporal aumenta con una mayor rapidez con respecto al mismo, estas pendientes muestran que las diferencias sexuales se adquieren antes de la madurez sexual.

En la longitud del ancho de la cabeza en hembras adultas y en la longitud del cuarto dedo en hembras y machos juveniles adquieren un crecimiento alométrico negativo ( $m=0.73$  Fig. 5;  $m=0.85$  y  $0.76$  respectivamente; figuras 11 y 12). Mientras que en los machos adultos se presenta un crecimiento isométrico ( $m=1.01$ ). Estas pendientes sugieren que en las hembras adultas, las hembras juveniles y machos juveniles en la longitud del ancho de la cabeza y la longitud del cuarto dedo disminuyen con respecto al crecimiento del cuerpo, indicando que esta diferencia sexual se adquiere durante la madurez sexual, mientras que en los machos la longitud del ancho de la cabeza se adquiere durante el crecimiento en la edad juvenil y después de haber alcanzado su madurez sexual.

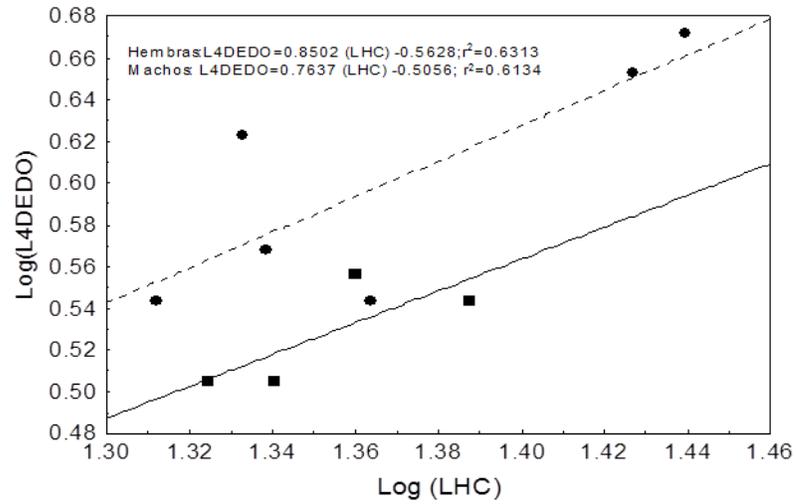


Figura 11. Regresiones lineales entre la longitud del cuarto dedo (L4DEDO) y la longitud hocico cloaca (LHC), juveniles hembras (cuadros negros) y juveniles machos (círculos negros) para *S. torquatus*, en una población de Milpa Alta, Distrito Federal.

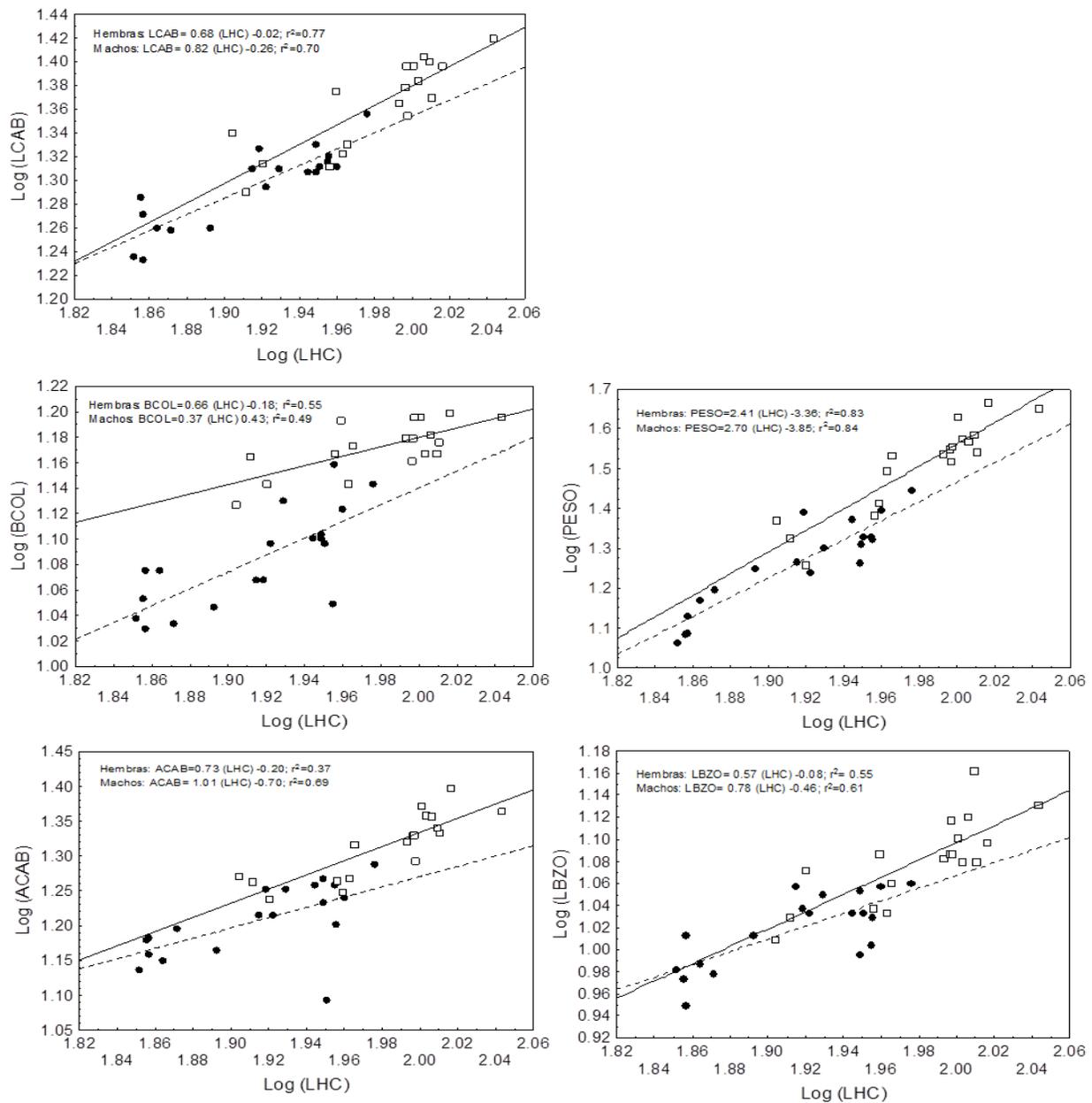


Figura 12. Regresiones lineales entre la longitud de la cabeza (LCAB), longitud de la base de la cola (LBCOL), el peso corporal (PESO), la longitud del ancho de la cabeza (ACAB), longitud del brazo (LBZO) y la longitud hocico cloaca (LHC) para machos (cuadros blancos) y hembras (círculos negros) para *S. torquatus*, en una población de Milpa Alta, Distrito Federal.

### **Dimorfismo sexual en el patrón de coloración.**

***Sceloporus torquatus*.** Se examinaron siete ejemplares adultos, cuatro machos y tres hembras (figuras 13 y 14). En esta especie de *Sceloporus* existe un claro dimorfismo sexual en el patrón de coloración. A continuación se describe el patrón de coloración de cada sexo, tanto en la región ventral como en la región dorsal. Con el fin de evitar repeticiones innecesarias solo se describe a detalle el patrón de coloración de uno de los ejemplares tanto como hembras y como machos, posteriormente se resaltan las variaciones más notables de los organismos siguientes.

#### **Machos.**

**Región ventral.** El ejemplar M1TV se aprecia dos bandas de color azul marino brillante, una a cada lado del cuerpo (Fig. 14). Cada banda se prolonga desde la axila hasta la parte superior de la ingle. La longitud y el ancho de cada banda son de 32 y siete escamas respectivamente. El tono del color varía ligeramente dentro y entre las bandas así como en cada especie. El color es un promedio de tres puntos tomados al azar y los códigos de los colores son proporcionados por Windows Seven (163, 187, 193). Cada banda esta bordeada por una franja de color gris oscuro (131, 132, 137) de dos escamas de longitud. Estas bandas están unidas por una tercera banda de color beige (228, 221, 214) que cubre el resto de la parte ventral con cinco escamas y abarca desde la axila hasta la parte superior de la ingle. El tono del color de esta banda se torna más oscuro en la parte de las extremidades superiores, uniéndose con la segunda banda de color gris oscuro. No obstante en la región del pecho que va desde una línea imaginaria a la altura de los hombros y termina en una línea a la altura de la axila presenta un color gris oscuro similar a la segunda banda descrita anteriormente (131, 132, 137), con 16 escamas de un color beige claro (225, 209, 195) en su parte central. El color de la parte ventral del cuello que está representada por 10 y cinco escamas presenta un color negro (65, 73, 75) y se torna de color azul oscuro

brillante con forme llega a la región gular con 10 y 15 escamas respectivamente presentando un color azul marino brillante (80, 158, 201). Los muslos de ambas piernas presentan escamas de color gris oscuro observadas en la segunda banda de la región ventral, están van desde la ingle hasta las rodillas en ambas extremidades. Sin embargo en ambos muslos presentan escasas escamas de color azul marino brillante similar al color de las primeras bandas y la gula. En las piernas se presenta un color beige claro (184, 180, 146) en toda su extensión y que abarca el resto de los muslos. La cola por su parte presenta un color beige (153, 148, 131), con tonalidades de gris claro (112, 105, 98). En su región dorsal el ejemplar M1TD, se presenta un color café claro (136, 134, 117) y esta abarca en casi toda su totalidad (Fig. 5). Exceptuando con 32 escamas de un color beige alrededor de su línea vertebral (240, 246, 227) y su característico collar ubicado en el cuello en el cual se presenta una franja color negra (64, 68, 72) de tres escamas, rodeada en ambos extremos por otra franja color beige (248, 248, 229) de dos escamas de longitud. La cola en la parte dorsal presenta dos escamas de color café claro (124, 121, 111) seguidas de dos escamas de color beige (163, 161, 152) y así sucesivamente en toda la longitud de la cola. La cabeza por su parte presenta un color café (107, 107, 102) más oscuro que el resto del cuerpo de la región dorsal.

El patrón de coloración en los otros tres ejemplares restantes (M2TV, M3TV y M4TV en la Fig. 13) presenta en términos generales los mismos patrones de coloración al del ejemplar M1TV. Las variaciones se presentan tanto en las intensidades de los colores como en el tamaño de los parches. En el organismo M2TV presenta 21 y cinco escamas de longitud y este abarca a seis escamas debajo de la línea imaginaria que va desde la axila a la ingle y la intensidad del color azul es más opaco (131, 144, 149). Mientras que en el organismo M3TV sus parches tienen una longitud de cinco y 20 escamas, este presenta un color azul-gris (178, 185, 172), pero con poca intensidad. En la región gular se aprecia un color azul claro (155, 156, 138) con tonalidades de gris

oscuro y escamas beige. Cabe mencionar que estos organismos, con colores mucho más claros, se les capturo aislados dentro del sitio de donde se observaron más especímenes. Estos organismos carecen del segundo parche gris oscuro, presente en el organismo M1TV (Fig. 14), pero con la presencia del tercer del color rosa-gris que abarca la mayor parte de la región ventral, presente también en el ejemplar M3TV (Fig. 14). Mientras que el organismo M4TV presenta un color azul marino brillante (51, 117, 171), en el par de parches que van desde la altura de la axila a la ingle, el resto del vientre presenta un azul marino (52, 85, 81), en el cuello se puede apreciar un color azul similar a la de los primeros parches con escamas bordeadas de negro (32, 39, 53), mientras que los muslos se observa un color gris en combinación con escamas azuladas (96, 105, 102) y en la región gular se presenta completamente un azul marino intenso (35, 72, 110). En la cola se aprecia un color gris claro (72, 81, 64), como en los organismos anteriores, exceptuando el organismo M2TV (Fig.14) que la presenta rota.

**La región dorsal** en todos los organismos presenta una similitud en los colores pero con variaciones de intensidad, incluyendo el collar negro rodeado de bandas blancas característico de esta especie de *Sceloporus*. Podemos recalcar que el organismo M2TD presenta una línea de escamas más oscuras en la línea paralela a las vértebras más acentuadas que en los demás organismos.

### **Hembras.**

**Región ventral.** El ejemplar H1TV (Fig.13) presenta un par de parches ventrales no definidos, con escasas escamas color violeta (94, 94, 104) en una longitud de cinco a 12 escamas de longitud en ambos extremos, las cuales se unen por un color beige (130, 124, 89) que abarca en gran mayoría toda la extensión de la región ventral del organismo. El cuello y la región gular presentan tonalidades de un color gris (83, 83, 75) con escamas de un color beige presentes en toda la

región ventral, cabe mencionar que la cola tanto como los muslos presentan esa misma tonalidad de beige aunque más brillante (164, 156, 117), pero se torna más oscuro en la punta de la cola y en los hombros. El pecho por su parte muestra manchas de escamas color gris combinado con tonalidades de beige. El tono de los colores como en todos los organismos analizados, varía dentro de los mismos organismos como en todos ellos. En las extremidades superiores como en las piernas se aprecia un color amarillo (106, 97, 38). La región dorsal del organismo H1TD (Fig. 13) presenta un color gris oscuro (125, 124, 11) en todo el organismo, resaltando su característico collar que presenta un color negro (66, 70, 73) en la banda central con tres escamas en la región del cuello, bordeadas por un color amarillento (229, 213, 115) de una sola escama. La cola presenta líneas de escamas color gris claro (158, 154, 145) cada dos o tres escamas en toda su longitud. Las extremidades tanto superiores como inferiores el color gris es mucho más claro, pero con manchas de escamas de un gris más oscuro (87, 93, 81).

La coloración de los dos ejemplares restantes (H2TV, H3TV; Fig. 13), presentan en general los mismos patrones de coloración que las del ejemplar H1TV, tanto en su región dorsal como en su región ventral (TD, TV) teniendo variaciones importantes entre cada individuo. Por ejemplo los organismos H2TV, H3TV carecen del parche violeta presentes en el organismo H1TV, por lo contrario el organismo H3TV se percata un color gris claro en toda su región ventral (160, 168, 159) y se acentúa más oscuro en la región gular presente en todos los organismos. Mientras que el ejemplar H2TV el color ventral se muestra rosa (184, 175, 148) en toda la región. Las extremidades y la cola en los tres organismos demuestran por igual el mismo color del vientre solo que estos se observan más brillantes.

**La región dorsal** por su parte exhiben su collar característico, sin embargo las bandas blancas que cubren la banda negra en los machos, en las hembras pareciera ser que el blanco se

torna amarillo (229, 213, 115) y la región de las vértebras es mucho más oscuro (114, 109, 113) y cubre una escama en ambas bandas amarillas del cuello.

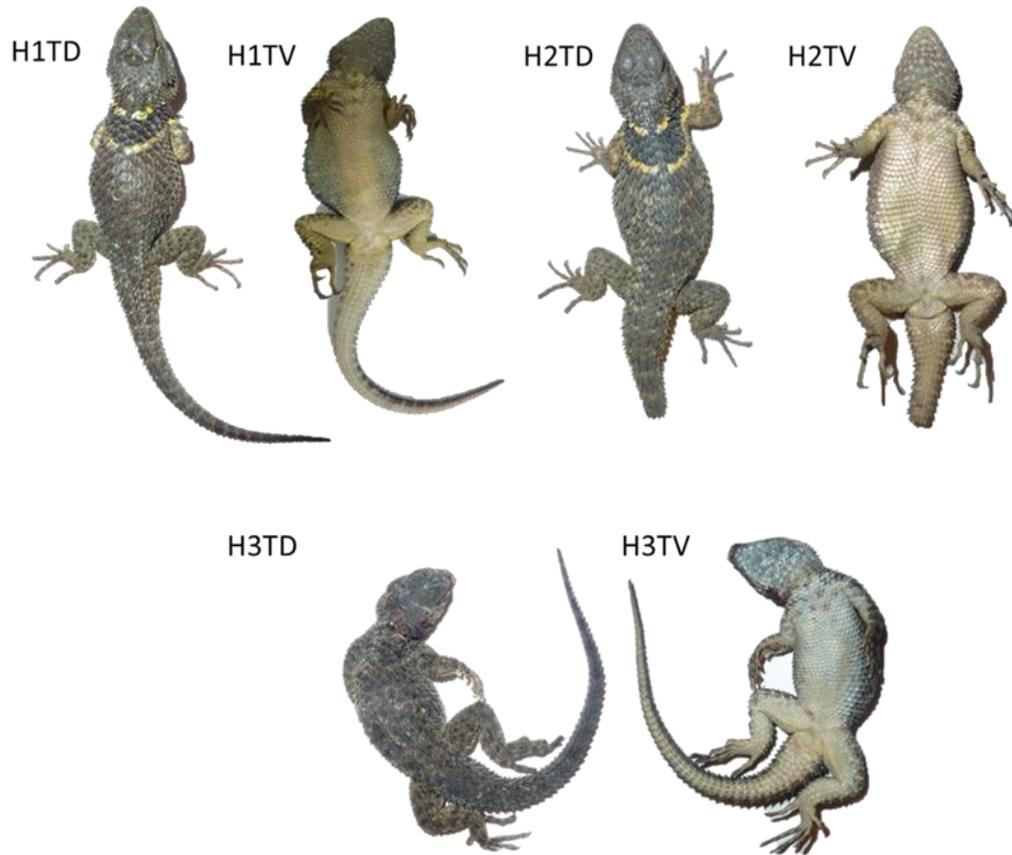


Figura 13. Vista ventral (TV) y dorsal (TD) de tres ejemplares hembras (H) de *Sceloporus torquatus* en una población de Milpa Alta, Distrito Federal. (Foto: José Luis García Reyes).

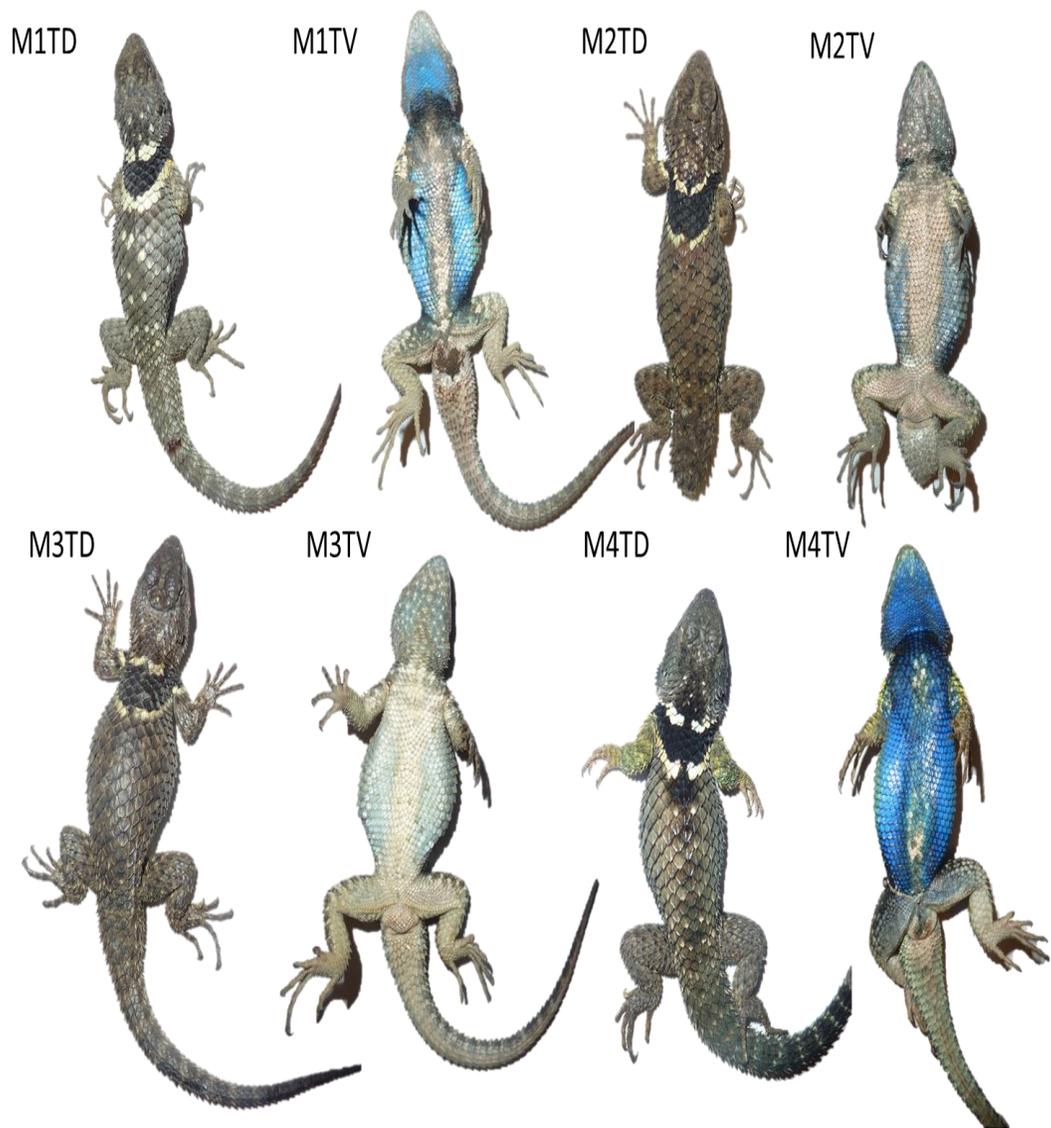


Figura 14. Vista ventral (TV) y dorsal (TD) de cuatro ejemplares machos (M) de *Sceloporus torquatus* en una población de Milpa Alta, Distrito Federal. (Foto: José Luis García Reyes).

## **DISCUSIÓN.**

### **Dimorfismo sexual en el tamaño del cuerpo.**

Tanto en *Sceloporus torquatus* como en *Sceloporus gadoviae* los machos son significativamente más grandes que las hembras. Estos resultados son similares a los encontrados por Feria-Ortiz (1986) y Martínez-Vargas (2007) para estas mismas especies. Se han propuesto varias hipótesis para explicar este tipo de dimorfismo. Una es selección intrasexual, la cual sostiene que los machos relativamente grandes tienen ventaja sobre los más pequeños en combates físicos ya sea para adquirir buenos territorios o para conseguir el acceso a parejas potenciales. En particular en lagartijas territoriales, la adquisición de territorios de buena calidad puede facilitar grandemente el acceso a las hembras. Si bien no se ha estudiado el comportamiento territorial de *S. torquatus* y *S. gadoviae*, es factible asumir que, de manera similar a otras especies de *Sceloporus* (Shieldahl y Martins, 2000; Simon, 1975), estas especies también son territoriales. Como ocurre en otras especies territoriales (Simon, 1975), en ambas especies estudiadas frecuentemente se observaron machos posándose en perchas ubicadas en lugares vistosos y relativamente altas. También, el marcado dimorfismo sexual en el patrón de coloración (en ambos casos los machos poseen colores más llamativos que las hembras) sugiere que las dos especies son territoriales. En consecuencia, es posible que el dimorfismo sexual en tamaño esté relacionado con comportamientos agresivos entre machos (con el fin de defender territorios y de este modo mejorar el acceso a las hembras).

Una hipótesis alternativa es la selección intersexual. Esto es, el mayor tamaño corporal de los machos puede aumentar su éxito en apareamientos no por vencer a machos con-específicos sino a través de sus interacciones con las hembras. Simplemente, las hembras pueden elegir machos más grandes o un tamaño relativamente grande puede permitir dominar más fácilmente a

las hembras y aumentar el éxito de su inseminación. También, la selección natural puede producir el dimorfismo en tamaño si por alguna razón los machos corren más riesgo de depredación y el tamaño corporal de los mismos está positivamente relacionado con su supervivencia. Las diferencias sexuales en los requerimientos energéticos también podrían influir en el dimorfismo sexual. Las hembras, ya sea de especies vivíparas, como *S. torquatus*, u ovíparas, como *S. gadoviae*, tienen que invertir más energía en la producción de descendientes. Esto implicaría que, una vez alcanzada la madurez sexual, las hembras inviertan menos energía en crecimiento y más en la producción de crías. Los machos, en cambio, no tendría esta restricción y podrían invertir un cantidad de energía relativamente grande en crecimiento. Sin embargo, los datos obtenidos y la información disponible no nos permiten evaluar la importancia de estas últimas hipótesis en el establecimiento y manutención del dimorfismo sexual en tamaño de *S. torquatus* y *S. gadoviae*.

*Sceloporus torquatus* y *S. gadoviae* son similares a la mayoría de las especies de *Sceloporus* (Fitch, 1978; Arriaga-Nava, 2013; Treviño-Saldaña, 2001) en virtud de que presentan dimorfismo sexual en tamaño sesgado hacia los machos. Sin embargo, en especies tales como *Sceloporus virgatus* (Cox y John-Alder, 2005) y *Sceloporus bicanthalis* (Crisóstomo-Pérez, 2012) las hembras presentan tallas más grandes que los machos, mientras que *Sceloporus formosus* (Ramírez-Bautista y Pavón, 2009) no presentan una diferencia significativa en el tamaño entre machos y hembras.

#### **Dimorfismo sexual en la forma del cuerpo.**

Las extremidades inferiores (fémur, tibia y cuarto dedo) y posteriores (antebrazo) son mayores en los machos que en las hembras de *Sceloporus gadoviae*. Si bien existen pocos estudios que examinan el dimorfismo sexual en la longitud de las extremidades en especies de *Sceloporus*, el presentado por *S. gadoviae* es similar al de las otras tres especies estudiadas hasta la fecha

(*Sceloporus undulatus* y *Sceloporus olivaceus*: Dodson, 1975; *Sceloporus anahuacus*: Arriaga-Nava, 2013). ¿Por qué los machos poseen extremidades más largas que las hembras? *Sceloporus gadoviae*, similar a la mayoría de las especies *Sceloporus*, parece exhibir un comportamiento territorial. Si bien aún se conoce muy poco acerca de la biología de esta especie, como en muchas especies territoriales, los machos de *S. gadoviae* poseen coloraciones más llamativas que las hembras y comúnmente se les observan asoleándose en lugares visibles. En consecuencia, similar a lo que ocurre en otras especies territoriales, los machos de *S. gadoviae* pueden exhibir una actividad más alta que las hembras, lo que puede aumentar sustancialmente el riesgo de depredación (tienen que construir y defender sus territorios, así como exhibirse en lugares visibles para atraer a las hembras). Las hembras, por su parte tendrían menos necesidad de exponerse y tenderían a permanecer cerca del territorio de algún macho. De este modo, las extremidades relativamente largas de los machos podrían haber evolucionado tanto para disminuir el riesgo de depredación como para facilitar el ascenso hacia perchas verticales (Dodson, 1975).

*Sceloporus torquatus* es una especie territorial. En consecuencia, de acuerdo con lo señalado arriba, se esperaría que exhibiera dimorfismo sexual en la longitud de las extremidades. No obstante, no hubo diferencias significativas. Esto puede ser un efecto del tamaño de muestra pequeño (12 hembras y 12 machos adultos) y la varianza relativamente alta asociada a los datos (se midieron longitudes pequeñas en organismos preservados). Si bien no se detectaron diferencias significativas, los promedios de las longitudes de las extremidades traseras (LFEM y LTIB) y delanteras (LANTB) fueron mayores en machos que en hembras. De hecho, el dimorfismo sexual (sesgado hacia los machos) en la longitud del cuarto dedo fue solo marginalmente significativo (esto es, los valores promedios de este carácter fueron sexualmente diferentes en un nivel de significancia mayor a 0.05 pero menor a 0.10). De este modo, es conveniente aumentar el tamaño de muestra con el fin de re-evaluar la posibilidad de que las diferencias sean significativas.

En *Sceloporus torquatus* el largo y el ancho de la cabeza fue mayor en machos que en hembras. Algo similar ocurre en *Sceloporus anahuacus* (Arriaga-Nava, 2013). Estos hallazgos coinciden con la aseveración de Fitch (1978) que el dimorfismo sexual en el tamaño de la cabeza es común dentro del género *Sceloporus* (Fitch realmente no midió longitudes de cabeza). Se han propuesto diferentes hipótesis para explicar el dimorfismo sexual en el tamaño de la cabeza (Shine, 1986). Una sugiere que los machos con cabezas relativamente grandes pueden tener ventaja sobre los que tienen cabezas más pequeñas en combates para conseguir parejas (Cooper y Vitt, 1993). Otra sostiene que un tamaño de cabeza relativamente grande podría facilitar el apareamiento ya que esta particularidad permite a los machos sujetar más firmemente a las hembras en el momento de la cópula (Pyron y Camp, 2007). De acuerdo con una tercera hipótesis, las diferencias sexuales en el tamaño de la cabeza podrían haber evolucionado para disminuir la competencia intersexual por alimento (Aguilar-Moreno, *et al.*, 2010). Sin embargo, es poco probable que las diferencias en dieta expliquen en una parte el dimorfismo en el tamaño de la cabeza ya que hembras y machos de *S. torquatus* consumen prácticamente los mismos tipos de presas (Feria-Ortiz, *et al.*, 2001). Las primeras dos hipótesis pueden ser importantes en la evolución del dimorfismo en el tamaño de la cabeza de *S. torquatus*. La territorialidad y la agresividad de los machos de *S. torquatus*, pueden promover el enfrentamiento entre los mismos y, en este escenario, los machos con cabezas relativamente grandes pueden ser competitivamente mejores. Wyles, (1980), menciona que el aumento en el tamaño de la cabeza en los machos está relacionada con especies altamente agresiva dentro de la familia Iguanidae.

A diferencia de *S. torquatus*, *S. gadoviae* no exhibe dimorfismo sexual evidente en el tamaño de la cabeza. Esto puede deberse a que la selección sexual no ha operado de manera similar en ambas especies. Por otro lado, la dieta es similar en ambos sexos (Feria-Ortiz y Pérez-Malvárez 2001).

La longitud de las colas completas fue significativamente más grande en machos que en hembras en *Sceloporus torquatus*. Éstas tienen múltiples funciones en los organismos, una de ellas es el almacenamiento de lípidos en la época de hibernación. También son prescindibles en la posibilidad de sobrevivir a algún ataque y pueden inhibir posibles combates con sus congéneres agresivos o tener mayor posibilidad de enfrentarlos o salir victoriosos. También pueden tener una gran importancia en la movilidad del organismo dándole estabilidad. Vitt y Cooper (1986) demostraron que las lagartijas inmaduras y adultas que carecen de colas están más expuestas al ambiente, además que posiblemente les da cierto equilibrio o más fuerza en el momento de realizar saltos repentinos.

La longitud de la base de la cola fue mayor en los machos de *S. torquatus*. Si bien es de esperarse que la longitud de la cola esté positivamente relacionada con el ancho de la cola, no hubo diferencias sexuales significativas en el primer carácter. Es factible asumir que la mayor anchura de la base de la cola en los machos se debe simplemente al alojamiento de los hemipenes, ya que es precisamente en ésta región donde se alojan estos órganos. El mayor ancho de la base de la cola debe reflejarse en una cola más larga. Es posible que la alta variación en las longitudes de las colas registradas en este estudio (Cuadro 2) haya evitado detectar diferencias sexuales significativas en este rasgo (ya que los promedios sugieren que la longitud de la cola es mayor en machos que en hembras). De este modo, es conveniente aumentar el tamaño de muestra con el fin de evaluar más confiadamente las diferencias observadas en este carácter.

### **Alometría.**

La pendiente de la recta LHC vs LFEM de 1.23 correspondiente a los jóvenes de *S. gadoviae* sugiere que en la etapa juvenil la LFEM crece proporcionalmente más rápido que la LHC. Debido a que en los jóvenes no fue posible diferenciar entre machos y hembras no es claro si la pendiente señalada

refleja alometría positiva en machos, hembras o en ambos sexos. Implica, sin embargo, que los adultos deben tener extremidades más largas en relación a su cuerpo que los jóvenes. Por otro lado, ya que los machos presentan extremidades más largas que las hembras es probable que el valor de la pendiente (1.23) refleje alometría positiva principalmente en los jóvenes del sexo masculino. La cuestión sería por qué los adultos deben poseer extremidades más largas que los jóvenes. Una respuesta es el cambio en el uso del hábitat. Los adultos tienden a treparse y posarse en perchas verticales (principalmente paredones de cerros y troncos de árboles) mientras que la actividad de los jóvenes pequeños y relativamente grandes (23.3 a 42.3 mm) consiste principalmente en buscar alimento sobre el suelo.

En *S. torquatus* la longitud de la cabeza aumentó lentamente en relación al aumento en la LHC (esto es, su crecimiento fue alométrico negativo). No obstante, el aumento fue mayor en los organismos juveniles y aunque no se encontró una alometría por los pocos datos obtenidos, una relación de cocientes en los tamaños de las cabezas nos sugieren que los juveniles son más cabezones y se sesgan más en los machos cuando estos llegan a la etapa de madurez sexual.

### **Patrones de coloración.**

En *S. torquatus* y *S. gadoviae*, los machos y las hembras poseen patrones de coloración distintos. Este tipo de dimorfismo, llamado dicromatismo sexual, es común en muchas especies de animales, incluyendo lagartijas (Macedonia *et al.*, 2002). También en las dos especies estudiadas, los machos presentan coloraciones más vistosas que las hembras. Esta es la situación más frecuente en especies de lagartijas que exhiben dicromatismo sexual (Wiens *et al.*, 1999; LeBlas y Marshall, 2000). Es factible asumir que el mecanismo que produce el dicromatismo es la selección sexual. Simplemente, es mucho más probable que la selección natural favorezca el surgimiento de colores protectores que de colores llamativos (Merilaita *et al.*, 1999). Los colores conspicuos pueden

atraer la atención de depredadores potenciales. Si bien, como en muchas especies con dicromatismo sexual, en *S. torquatus* y *S. gadoviae* los colores más llamativos están ventralmente localizados, ambas especies se exhiben en perchas conspicuas y realizan movimientos (tal como “lagartijas”–observación personal) que hacen evidentes las coloraciones del pecho y la gula. La ubicación de los machos, sus movimientos y en particular los colores ventrales llamativos deben aumentar considerablemente el riesgo de depredación. En consecuencia es de esperarse que en ambas especies el dicromatismo sexual haya surgido como consecuencia de selección sexual, ya sea a través de elección femenina o competencia masculina por conseguir pareja. En contraste, en las hembras de *S. torquatus* (las cuales presumiblemente tienen menos necesidad de emitir señales dirigidas a con-específicos), el color del dorso comúnmente es similar al de su sustrato y esto al parecer es más notorio durante el período invernal, cuando las hembras están preñadas (observación personal).

Los machos de ambas especies presentan principalmente parches de color azul. Rand (1990) señala que la coloración azul en el vientre en el género *Sceloporus* es un rasgo limitado al sexo masculino y está relacionada con la testosterona, ya que los colores parecen tener más brillo durante el ciclo reproductivo y se desvanece después de este periodo.

Se detectó variación notable en la intensidad de la coloración ventral. En *S. torquatus* y en *Sceloporus gadoviae*. Estas variaciones podrían reflejar aspectos en el comportamiento social en cada especie.

El organismo M3TV de *Sceloporus torquatus* presenta los parches más pequeños, y menos brillantes que el resto de los machos. Cabe mencionar que este organismo se capturo aislado del área donde se manipularon los machos con colores más brillantes. Una hipótesis podría explicar que el organismo M3TV no es un macho dominante y por lo tanto tiene menos acceso a las

hembras así como a menos territorios. En *Sceloporus gadoviae* los organismos M2 y M4 presentan también parches ventrales con un menor brillo en comparación con el resto de los organismos observados. Aunque no se tiene una relación directa con los tamaños de los parches y la Longitud hocico cloaca (LHC), ya que solo fueron contadas las escamas de la longitud de los parches de un organismo y el número de individuos analizado fue relativamente pequeño, nos aventuramos a decir que los individuos más grandes presentan parches ventrales con mayores dimensiones y más brillantes. Lemos Espinal *et al.*, (1996) encontraron una relación positiva en los parches ventrales de los machos con la territorialidad, el cortejo y la reproducción en organismos de *S. gadoviae*. Argaez-Márquez, (2011), menciona que a través de la elección femenina las hembras prefieren machos con parches azules más brillantes y más grandes. Esto nos sugiere que el color azul podría ser un atributo que las hembras usan en la fase inicial de la elección de pareja. Así también podría estar relacionado con machos que poseen mayores territorios, perchas para asolearse y mejores sitios para ovopositar (Cuadrado, 2002). Es posible que las hembras también elijan a estos machos indirectamente con el fin de dar a sus crías mejores genes, reflejados en organismos más grandes, con parches ventrales mayores y más coloridos, facilitando a sus crías un mayor éxito reproductivo y una mayor variabilidad en la descendencia (Ahnesjo, 2010). El color azul en la región de la gula estuvo presente en ambas especies al igual que los parches y éstas también se distinguen en las intensidades del color. Los organismos con una mayor coloración en la región gular son M4TV en *S. torquatus* y H3 en *S. gadoviae*, además los machos parecen disminuir el brillo de dicha coloración y son organismos más pequeños. Carpenter, (1992) concluye que los machos de *Urosaurus ornatus* con tonos de azul paren ser más agresivos y territoriales que el resto, así asimismo el color puede ser favorecido como señales dominantes por la selección sexual. Sin embargo no solo el color azul es apreciable en la región ventral en los machos de *Sceloporus gadoviae*, también el amarillo, el rojo y el verde son observados en pequeños parches. Basándose

en los datos recogidos hasta ahora no podemos precisar que las hormonas influyan en la formación de estos colores en la región ventral. Morrison *et al.*, (1991) analizó la piel de *S. undulatus* en cromatografía de capa fina y observaron que el color amarillo y naranja en los machos contienen las mismas pteridinas incoloras, lo que demuestra que no contienen carotenos y que no se relaciona a la dieta de los organismos. Estas teorías argumentan a favor de que dichos colores pudieran ser de formación alélica.

### **Hembras región ventral.**

Por otro lado en *Sceloporus torquatus* no se pudieron distinguir parches ventrales, pero sí se aprecian tonalidades de beige en su totalidad. Mientras que en hembras de *Sceloporus gadoviae* ostentan dos parches de color naranja en los costados de la región ventral. En muchas especies de Phrynosomatidae la coloración naranja se asocia con el sexo femenino. Zucker, (1988) encontró que las hembras de *Urosaurus ornatus* adquieren un color naranja antes de la ovulación por lo tanto el color naranja puede ser un color que incite al cortejo. Otro estudio encontró que los organismos juveniles de *Tropidurus delanonis* desarrollaron un color brillante durante seis meses, mientras que los machos son atraídos por las hembras que muestran un color naranja. Aunque no se encontró en este caso una relación directa en el peso con respecto a la longitud de los parches de las hembras, debido a la restricción del número de individuos. Argaez-Márquez (2011) sí estableció dicha relación y encontró que las hembras que tienen un mayor peso, tienden a presentar parches naranjas más grandes. Igualmente observó que las hembras con parches naranjas más coloridos podrían ser un indicador de su estado reproductivo. En el organismo H2 de *S. gadoviae* (figura 12) se puede distinguir un color azul muy claro en medio de los dos parches naranjas. Quizá esto sea un indicio que la testosterona esté relacionada con el color azul de los organismos y que las fluctuaciones de la hormona varía considerablemente en el torrente

sanguíneo de ambos sexos (Rand, 1990). En especies dimórficas donde los machos presentan caracteres externos, las hembras a menudo presentan caracteres homólogos (Darwin, 1871)

### **Machos y hembras región dorsal.**

Los machos de *S. gadoviae* exhibieron un color café-naranja, en la región dorsal con escamas azules en la cabeza y en toda la longitud de la cola, mientras que las hembras presentan los mismos colores café-naranja, solo que más claros exceptuando las escamas azuladas en la cabeza y en la cola. Así también machos y hembras de *Sceloporus torquatus* presentan un color gris oscuro en toda su región dorsal resaltando el collar característico. La coloración del cuerpo en la región dorsal generalmente varía con el color del sustrato o de la temperatura del medio ambiente, lo cual puede ser una adaptación para la termorregulación o la posible depredación (Kettlewell, 1973). Por consiguiente la coloración gris oscuro de *Sceloporus torquatus* predice que en su habitat predominan rocas ígneas extrusivas de un color negro. Así mismo el clima templado y la vegetación del pino encino hacen que la coloración dorsal de *S. torquatus* adquiera esta adaptación mimetizándose con el ambiente y protegiéndole de sus posibles depredadores. En contraste *Sceloporus gadoviae* habita en una región de selva baja y en el dorso el café-naranja es predominante, y la coloración afecta visiblemente a los depredadores aviadores. La coloración dorsal en contraste con el sustrato hace más fuerte a los reptiles diurnos que son capaces de calentarse más rápido y mantener temperaturas corporales más altas (Norris, 1965), como ocurre en *S. gadoviae* que adquiere una temperatura alta en relación con otras especies de *Sceloporus*. Bree-Rosenblum (2005) evaluó el rol de plasticidad de en la coloración dorsal de tres especies de lagartijas *Aspidoscelis inornata*, *Holbrookia maculata*, y *Sceloporus undulatus* y encontró una relación directa entre el color de los dorsos con los diferentes cambios de temperatura (más oscuras cuando la temperatura es más fría).

Estudios posteriores podrían limitarse a investigar los posibles mecanismos que dan origen a los colores tanto dorsales como ventrales en machos y hembras de *S. gadoviae* y *S. torquatus* así como la importancia del estrés en el aumento o la disminución de hormonas que influyen en el pigmento que dan origen al color y su posible origen genético. Estos estudios nos darían más pistas para entender el desarrollo ontogénico y su relación con el comportamiento social de los lagartos.

## **CONCLUSIONES.**

Las poblaciones de *Sceloporus gadoviae* y *Sceloporus torquatus* mostraron un claro dimorfismo sexual en tamaño, en la forma del cuerpo y en la coloración tanto dorsal como ventral. Al parecer los machos son más grandes que las hembras y poseen extremidades anteriores y posteriores más largas en *S. gadoviae*, mientras que en las poblaciones de *S. torquatus* presentan cabezas y brazos largos así también son más pesadas. Observando la coloración de ambas especies es factible analizar que el color azul es privativo de los machos mientras que las hembras el color característico es el naranja pero solo en *gadoviae*. Es posible que muchos de estos rasgos analizados hayan sido adaptaciones surgidos por la selección natural. Así también es posible que muchas formas del color ventral tengan un origen ontogénico y sean heredables en generaciones siguientes con el fin de tener un mayor éxito en la reproducción. También hay que considerar que no todas las variables analizadas tienen como consecuencia un mayor éxito reproductivo sino que además influyen en una mayor supervivencia frente a posibles depredadores.

## LITERATURA CITADA.

Aguilar-Moreno M., F. J. Rodríguez-Romero, A. Aragon-Martinez, J. A. Muñoz-Manzano, G. Granados-González y O. Hernández-Gallegos. 2010. Dimorfismo sexual de *Aspidoscelis costata costata* (Squamata:Teiidae) en el sur del Estado de México. *Revista Chilena Natural* 83:585-592.

Ahnesjo, I. 2010. Mate choice in males and females. *Encyclopedia of Animal Behavior*: 394-389.

Anderson, R.A., Vitt, L.J. 1990. Sexual selection versus alternative causes of sexual dimorphism in teiid lizards. *Oecologia* 84: 145-157.

Anderson. M. 1994. *Sexual Selection*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, U.S.A.

Argaez- Márquez V. E. 2011. Preferencias femeninas por la coloración ventral de los machos en la lagartijas del mezquite *Sceloporus grammicus microlepidotus*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 1-38 pp.

.Arriaga-Nava G. 2013. Dimorfismo sexual y supervivencia en *Sceloporus anahuacus* (Squamata: Phrynosomatidae). Tesis de Maestría. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. 1-50 pp.

Bree-Rosenblum. 2005. The Role of Phenotypic Plasticity in Color Variation of Tularosa Basin Lizards. *Copeia*, pp.586-596.

Butler MA, TW Schoener, JB Losos. 2000. The relationship between sexual size dimorphism and habitat use in Greater Antillean *Anolis* lizards. *Evolution* 54: 259-272.

Carpenter, G. C. 1992. Modeling dominance in tree lizards *Urosaurus ornatus*: I. Assessing the relative influence of multiple factors on dominance and II. The ontogeny of a dominance signal. Unpubl. Ph. D. Diss., New México State Univ. Las Cruces.

Cooper E. W y Vitt L. J. 1993. Female mate choice of large male broad-headed skinks. *Anim. Behav.*, 45, 683-693.

Cox, R.M. y John-Alder, H.B. 2005. Testosterone has opposite effects on male growth in lizards *Sceloporus* spp. with opposite patterns of sexual size dimorphism. *The Journal of Experimental Biology* 208:4679-4687.

Crisóstomo-Pérez M. 2012. Actividad reproductiva anual de *Sceloporus bicanthalis* (Squamata: Phrynosomatidae) en una comunidad de bosque de pino-encino. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. 1-49 pp.

Cuadrado, M. 2002. Sistemas de apareamiento en reptiles: una revisión. *Revista Española de Herpetología*: 61-69.

Darwin C. 1871. *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*. London: Murray.

Davis W. B. y J. R. Dixon. 1961a. Reptiles (exclusive of snakes) of the Chilpancingo region, Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 74: 37-56.

Dodson, P. 1975. Relative growth in two sympatric species of *Sceloporus*. *The American Midland Naturalist* 94:421-450.

Duellman, W. E. 1961. The Amphibians and Reptiles of Michoacán, Mexico. *Univ. Kansas Publ. Mus. Nat. Hist.* 15: 1-148.

Feria-Ortiz M., Nieto-Montes De Oca A. y Salgado-Ugarte I. H. 2001a. Diet and Reproductive Biology of the Viviparous Lizard *Sceloporus torquatus torquatus* (Squamata: Phrynosomatidae). *Journal of Herpetology*. Vol. 35, No. 1, pp. 104-112.

Feria-Ortiz, M. y C. Pérez-Malvárez. 2001b. Composición de la dieta de la lagartija ovípara *Sceloporus gadoviae* (Phrynosomatidae) en el suroeste del estado de Puebla. Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana 9:45-50.

Feria-Ortiz, M. 1986. Contribución al Conocimiento del Ciclo de Vida de *Sceloporus torquatus torquatus* (Lacertilia, iguanidae) *al sur del Valle de México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. 1-50 pp.

Fitch, H.S. 1978. Sexual size differences in the genus *Sceloporus*. *University of Kansas Science Bulletin (USA)* 51: 441-461.

García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, adaptado para las condiciones de la República Mexicana. 3ª Ed. Offset., Lario Ed. S.A. 252 pag.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios S.A. México D.F. p.46-52.

Gorman, C. G., y P. Licht. 1973. Sexual dimorphism in body size and ovarian activity in the lizard *Anolis carolinensis*. *American Midland Naturalist* 90:235-239.

Guillette, L. J., y Mendez de la Cruz, F. 1993. The Reproductive Cycle of the Viviparous Mexican Lizard *Sceloporus torquatus*. *Journal of Herpetology*. Vol 27, No. 2, pp. 168-174.

Herrel A, R Van Damme, F De Vree. 1996. Testing the niche divergence hypothesis by bite force analysis. *Neth. J. Zool.* 46: 253-262.

INEGI-GDF (2001) Cuaderno Estadístico Delegacional. Milpa Alta Distrito Federal. Aguascalientes, México. 170 p.

Kettlewell, B. 1973. *The Evolution of Melanism: the Study of a Recurring Necessity*. Clarendon Press, Oxford.

Kratochvíl, L., y D. Frynta. 2002. Body size, male combat and the evolution of sexual dimorphism in eublepharid geckos (Squamata: Eublepharidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 2002, 76, 303–314.

Leblas NR, Marshall NJ. 2000. The role of colour in signaling and male choice in the agamid lizard *Ctenophorus ornatus*. *Proceedings of the Royal Society of London B* 267: 445–452.

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

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

Lemos-Espinal, J.A., Smith, G.R., y Ballinger, R.E. 1996. Ventral Blue Coloration and Sexual Maduration in Male *Sceloporus gadoviae* Lizards. *Shorter Communications. J. Herpetol.* 30:546-548.

Macedonia M. J., Brandt Y. y Clark L. D. 2002. Sexual dichromatism and differential conspicuousness in two popilations of the common collared lizard (*Crotaphytus collaris*) from Utah and New México, USA. *Biological Journal of the Linnean Society* 77:67-85.

Martínez-Vargas, J. 2007. Contribución al Conocimiento de la estrategia Reproductora De Una Población Del Lacertilio *Sceloporus gadoviae* (Sauria; Phrynosomatidae), en una población que habita en la comunidad de selva baja, al suroeste del estado de Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. 1-76 pp.

Méndez de la Cruz F. R y Gutiérrez-Mayen M. G, 1991. Variacion de la Robustez Física de *Sceloporus torquatus* (Sauria iguanidae) y sus Implicaciones Sobre la Temporada de Reproducción. *Actazoológica Mexicana* 46:21.

Merilaita S, Tuomi J, Jormalainen V. 1999. Optimization of cryptic coloration in heterogenous habitats. *Biological Journal of the Linnean Society* 67: 151–161.

Morrison, R. L., Rand, M. S., and Frost-Mason, S. K. (1991). Throat color analysis of three red lipped prairie lizard (*Sceloporus undulates erythrocheilus*) color morphs. Abstracts of Panamerican Society for Pigment Cell Research.

Norris, K. S. 1965. Color adaptation in desert reptiles and its thermal relationships, p. 162–226. *In*: Lizard Ecology: A Symposium. W. W. Milstead (ed.). University of Missouri Press, Columbia, Missouri.

Punzalan, D., y D. J. Hosken. 2010. Sexual Dimorphism: Why the Sexes Are (and Are Not) Different. *Current Biology* 20:1016.

Pyron, R. A. y C. D. Camp. 2007. Courtship and mating behaviours of two syntopic species of skink (*Plestiodon anthracinus* and *Plestiodon fasciatus*). *Amphibia-Reptilia* 28:263-268.

Ramírez Bautista, A., A. L. Ortiz- Cruz, Ma. Del C. Arizmendi y J. Campos. 2005. Reproductive characteristics of two syntopic lizard species, *Sceloporus gadoviae* and *Sceloporus jalapae* (Squamata: Phrynosomatidae), from Tehuacan Valley. Puebla, México. *Western North American Naturalist* 65: 202-209.

Ramírez-Bautista y González-Romero. 2002. Some Reproductive and Feeding characteristics of the viviparous Mexican Lizard *Sceloporus torquatus* (Phrynosomatidae).

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

Rand, M. S. 1990. Polymorphic sexual coloration in the lizard *Sceloporus undulates erythrocheilus*. *Am.Midl. Nat.* 125, 352-359.

Rocha, C. F. D. 1999. Home range of the tropidurid Lizard *Liolaemus lutzae*. *Revista Brasileira de Biología* 59: 125-130.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, 399 p.

Rzedowski, J. 1994. Vegetación de México Editorial Limusa Noriega Editores, México, 6ª reimpresión, 432 p.

Schwarzkopf, L. 2005. Sexual Dimorphism in Body Shape Without Sexual Dimorphism In Body Size In Water Skinks (*Eulamprus quoyii*). *Herpetologica* 61: 116-123.

Serrano-cardozo, V. H., J. A. Lemos-Espinal, y G. R. Smith. 2008. Comparative diet of three sympatric *Sceloporus* in the semiarid Zapotitlán Valley, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 427-434.

Sheldahl, L. A. y Martins, E. P. 2000. The Territorial behavior of the Western Fence Lizard, *Sceloporus occidentalis*. *The Herpetologists* 56: 469-479.

Shine, R. 1986. Sexual differences in morphology and niche utilization in an aquatic snake, *Acrochordus arafurae*. *Oecología (Berl.)*, 69, 260-267.

Shine, R. 1989. Ecological Causes for the Evolution of Sexual Dimorphism: A Review of the Evidence. *The Quarterly Review of Biology* 64: 419-461.

Simon, C. A. 1975. The Influence of food Abundance on Territory Size in the Iguanid Lizard *Sceloporus jarrovi*. *Ecology* 56:993-998.

Smith, H. M. 1936. The Lizard of the *torquatus* group of the genus *Sceloporus* Wiegmann, 1928. *Uni. Kansas Sci. Bull.* 24: 539- 691.

Smith, H. M. 1939. The Mexican and Central American Lizard of the genus *Sceloporus*. *Field. Mus. Nat. Hist. Zool. Ser.* 26: 1-397.

Stamps J.A. 1977. The Relationship between Resource Competition, Risk, and Aggression in a Tropical Territorial Lizard. *Ecology* 58, 349-358.

Statsoft Inc. 1984- 2004. Statistica (data analysis software system), version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

Stebbins R.C., J.M. Lowenstein & N.W. Cohen. 1967. A Field Study of the Lava Lizard (*Tropidurus albemarlensis*) in the Galápagos Island. *Ecology* 48: 839-851.

Thompson, G. T. y P. C. Whithers. 2005. Size-free shape differences between male and female Western Australian dragon lizards (Agamidae). *Amphibia-Reptilia* 26: 55-63.

Tokarz, R. R. 1995. Mate choice in lizard: a review. *herpetological Monographs* 9: 17-40.

Treviño-Saldaña C. H. 2001. Una Nueva Lagartija de collar de Montaña *Sceloporus jarrovicyaneus* del Estado de Nuevo León México. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. 1-26 pp.

Vega, L. E. 1999. Ecología de los Saurios arenícolas de las dunas costeras. Tesis doctoral. Facultad de ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Mar de Plata. 1-102 pp.

Velázquez, A. y F. Romero (1999) (Compiladores) Biodiversidad de la Región de Montaña del Sur de la Cuenca de México. UAM Xochimilco, Secretaría del Medio Ambiente-CORENADER, México, 351 p.

Vitt, L. J. y W. E. Cooper Jr. 1986. Tail loss, tail color, and predator escape in *Eumeces* (*Lacertilia*, *Scincidae*) age-specific differences in costs and benefits. *Canadian Journal of*

Wiens JJ, Reeder TW, De Oca ANM. 1999. Molecular phylogenetics and evolution of sexual dichromatism among populations of the Yarrow's spiny lizard (*Sceloporus jarrovii*). *Evolution* 53: 1884–1897.

Wyles, J. 1980. Phylogenetic studies of Iguanid lizards (Lacertilia: Iguanidae). Ph. D. diss. University of California, Los Angeles. *Zoology* 64:583–92.

Zucker, N. 1988. A method for rapid and precise documentation of lizard coloration. *Herpetol. Rev.* 19:13-16.