



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**Dimorfismo sexual de *Plestiodon lynxe*
(Squamata: Scincidae), en el municipio de
Ixtacamaxtlán, Puebla.**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G O

P R E S E N T A

ITZEL FERNANDA LEAL VILLANUEVA

**DIRECTOR DE TESIS: Dr. MANUEL FERIA
ORTIZ**

Cd. de México, Diciembre del 2016





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E.

Comunico a usted que la alumna **LEAL VILLANUEVA ITZEL FERNANDA**, con número de cuenta **308223585**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **06 de diciembre de 2016** a las **13:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

- PRESIDENTE** Dr. ALFREDO BUENO HERNÁNDEZ
- VOCAL** Dr. MANUEL FERIA ORTIZ
- SECRETARIO** Dr. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE
- SUPLENTE** M. en C. ALBERTO MÉNDEZ MÉNDEZ
- SUPLENTE** M. en C. URI OMAR GARCÍA VÁZQUEZ

El título de la tesis que presenta es: **Dimorfismo sexual de *Plestiodon lynxe* (Squamata: Scincidae), en el municipio de Ixtacamaxtitlan, Puebla.**

Opción de titulación: Actividad de Investigación.

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
 Ciudad de México, a 25 de octubre de 2016

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA DIRECCION

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NUÑEZ
DIRECTOR

RECIBÍ
OFICINA DE EXÁMENES
PROFESIONALES Y DE GRADO

VO. BO.
M. en C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL
JEFE DE CARRERA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por haberme abierto las puertas y brindado las bases del conocimiento durante la carrera y en mi formación como bióloga.

A una gran persona, el Dr. Manuel Feria Ortiz por su paciencia, compromiso, dedicación, consejos y su amistad incondicional brindadas durante la realización de este trabajo, ya que sin ellas no hubiera sido posible su realización.

A mis sinodales: Dr. Alfredo Bueno Hernández, Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte, M. en C. Alberto Méndez Méndez y M. en C. Uri Omar García Vázquez por su tiempo y atención en las observaciones de mi tesis, así como también sus aportaciones y sugerencias, los cuales me ayudaron a enriquecer y mejorar este trabajo.

A mis amigos Franco, Tenoch, Laura, Karla, Marlene, Adriana, Juan, Paulina, Mireya, Aldo, Jocelyn y a las demás personas que conocí a lo largo de la carrera, muchas gracias por su amistad y por los buenos y malos momentos que pasamos juntos.

A la banda herpetológica: Abel, Rodrigo, Mixtli, Cristian y Ana Celic, por los momentos divertidos y maravillosos que pasamos tanto en el laboratorio, como en campo. Además, agradezco a Isaac, Dafne, Mónica, Celic, Karen y Alex por formar parte de esta banda y brindarme su cálida amistad.

DEDICATORIA

A mi amado Michael Renato Ruiz Barrios quien siempre me ha apoyado con paciencia y dedicación en los buenos y malos momentos. A mi dulce niña Melanie que es la luz de mi vida. Ambos son mi motivación para poder seguir adelante, a pesar de los obstáculos que se me presenten en la vida.

A mi madre Lucia Villanueva Solano que con su apoyo he logrado llegar a esta primera meta, porque con su amor y ejemplo me ha enseñado que jamás debo de rendirme. Hemos compartido momentos felices, desvelos, ambiciones e inquietudes. Con paciencia y dedicación ha forjado en mí, sueños, valores y esperanzas que me hicieron crecer como persona. Gracias madre, te amo y eres mi gran ejemplo a seguir.

A mi padre Mauro Leal Vázquez, a quien quiero dar las gracias por apoyarme en la formación y culminación de mi carrera profesional, la cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir. A pesar de que no pudimos convivir y pasar tiempo juntos debido a su trabajo, sé que se esforzaba en ello con tal de darnos lo mejor. Quiero agradecerle por el esfuerzo y dedicación que me brindó, así como el cariño, apoyo moral y los pequeños consejos que me han servido para ser una buena persona. Te amo papa.

A mi hermanita Ivette Nayeli Leal Villanueva que siempre me ha brindado consejos cuando más lo necesitaba, su apoyo moral y su buen humor. A mi hermanito Alfredo Leal Villanueva, que, aunque no pasamos mucho tiempo juntos, me brindaste tu apoyo. Quiero decirles que a pesar de todo lo que hemos vivido, los amo mucho y que son uno de los motivos por lo que pude realizar este trabajo.

A mis tíos: Raúl, Rigoberto y Gloria Villanueva Solano quienes me apoyaron en el transcurso de mi carrera.

La mayoría de los seres humanos, son como hojas que caen de los árboles, que vuelan y revolotean por el aire, vacilan y por último se precipitan en el suelo. Otros, por el contrario, casi son como estrellas; siguen su camino fijo, ningún viento los alcanza, pues llevan en su interior su ley y su meta.

Buda Gautama

Índice

| | |
|---|-----------|
| Resumen..... | 1 |
| Introducción | 3 |
| Antecedentes..... | 5 |
| Justificación | 6 |
| Hipótesis..... | 7 |
| Objetivos | 7 |
| Material y Método | 8 |
| Descripción de la especie..... | 8 |
| Distribución..... | 9 |
| Hábitat y hábitos | 9 |
| Zona de Estudio..... | 9 |
| Trabajo de campo..... | 12 |
| Trabajo en laboratorio..... | 12 |
| Tratamiento estadístico de los datos | 15 |
| Alometría | 16 |
| Resultados | 17 |
| Discusión | 30 |
| Conclusión | 35 |
| Bibliografía | 36 |

Resumen

El dimorfismo sexual es una característica muy extendida en los reptiles y se relaciona con la adecuación de los individuos. Se han propuesto varias hipótesis para explicar su evolución, siendo la selección sexual el mecanismo más aceptado, seguido por el de divergencia de nichos y la selección de fecundidad. También se han propuesto explicaciones próximas para el dimorfismo sexual, como las relaciones alométricas sexualmente distintas en el crecimiento y dimensiones corporales particulares.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el dimorfismo sexual en tamaño y forma corporal en una población de la lagartija vivípara *Plestiodon lynxe* (Squamata: Scincidae) presente en el municipio de Ixtacamaxtitlán, Puebla. Así como también, determinar si el dimorfismo detectado en los adultos está presente en los neonatos o se adquiere durante el crecimiento, mediante el análisis de la distribución de las variables morfométricas consideradas. También, se evaluó en qué medida el dimorfismo sexual detectado en los adultos es resultado de diferencias sexuales en las trayectorias de crecimiento de los caracteres examinados.

Los organismos para el estudio fueron recolectados durante los meses de agosto del 2013 a junio del 2014, en las localidades de Tonalapa y Oyametepec, ubicadas al sureste del municipio de Ixtacamaxtitlán. Con el fin de obtener datos de crías recién nacidas, una o dos semanas antes de la fecha de parto, se recolectaron 8 hembras preñadas y se transportaron al laboratorio para mantenerlas en cautiverio hasta el nacimiento de las crías.

Para cada individuo, se registraron las siguientes variantes morfométricas: longitud hocico-cloaca (LHC), longitud de la cabeza (LCAB), ancho de la cabeza (ACAB), longitud del cuello (LCUELL), longitud del antebrazo (LANB), longitud del fémur (LFEM), longitud del tronco (TRN), longitud de la base de la cola (LBCOL), longitud de la cola (LCOL) y el peso corporal. Posteriormente, se realizó un análisis multivariado de covarianza con el fin de evaluar la significancia estadística de las diferencias encontradas en los caracteres morfométricos considerados.

Se encontró que las hembras presentan una mayor longitud hocico-cloaca, longitud del tronco y peso corporal, mientras que los machos presentaron mayores dimensiones en la longitud y ancho de la cabeza. En cuanto a las crías, no hubo dimorfismo sexual en el ancho de la cabeza. Sin embargo, la distribución de los demás rasgos morfométricos fue bimodal, lo que plantea la posibilidad de que exista dimorfismo sexual en los caracteres involucrados desde el nacimiento.

El dimorfismo detectado en *P. lynxe* puede explicarse por selección sexual, selección natural y selección por fecundidad en los adultos. Sin embargo, la historia natural de *P. lynxe* es poco conocida, por lo que es necesario realizar estudios adicionales de su dieta, comportamiento social y reproductivo con el fin de confirmar y en su caso de evaluar la relevancia de los mecanismos selectivos mencionadas en el origen y/o mantenimiento del dimorfismo sexual.

Introducción

Las diferencias morfológicas entre los sexos, o dimorfismo sexual (DS), es una característica muy extendida en los reptiles y se relaciona con la adecuación de los individuos (Shine, 1989).

El DS puede presentarse en tamaño y forma del cuerpo, en coloración (dicromatismo) y en la presencia o ausencia de partes corporales usadas en combates o exhibiciones de cortejo. Con respecto al dimorfismo sexual en tamaño (DST), ocurre cuando un sexo es más grande que el otro (Perry, 1996; Ji *et al.*, 2006; Laspiur & Acosta, 2007), mientras que el dimorfismo sexual en la forma del cuerpo (DSF) se expresa de diferentes maneras. Por ejemplo, puede ocurrir que la cabeza y extremidades sean más grandes en los machos que en hembras. También, las hembras pueden presentar una mayor longitud del tronco (axila-ingle) que los machos. El dimorfismo en la forma del cuerpo ocurre tanto en especies que exhiben dimorfismo sexual en tamaño (DST), ya sea sesgado hacia los machos (Kuo *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2010; Aguilar-Moreno *et al.*, 2010) o hacia las hembras (McBrayer & Anderson, 2007), como en aquellas en donde ambos sexos alcanzan tamaños corporales similares (Schwarzkopf, 2005; Thompson & Whitters, 2005).

Se han propuesto varias hipótesis que expliquen la evolución del DS en reptiles, siendo la selección sexual el mecanismo más aceptado (Shine, 1989), según el cual, el dimorfismo evoluciona en virtud de que algunos rasgos aumentan la habilidad de los organismos que los poseen para conseguir pareja.

Diversos estudios han sugerido que la competencia entre machos por parejas potenciales es un factor que conduce al dimorfismo sexual en tamaño, sesgado a los machos en muchas especies (Stamps, 1983; Shine, 1989; Anderson & Vitt, 1990; Cooper & Vitt, 1993). Por lo que, puede favorecer un tamaño grande del cuerpo y características relacionadas con el combate, especialmente el tamaño de la cabeza (Trivers, 1972; Stamps, 1983; Carothers, 1984; Anderson & Vitt, 1990).

Los machos con cabezas relativamente grandes pueden salvaguardar territorios de mayor tamaño (Trivers, 1972), tener más hembras y más descendientes (Stamps, 1983), y así obtener un estatus jerárquicamente superior en comparación con los que poseen cabezas más pequeñas (Carothers, 1984).

Por otra parte, en la selección intersexual o epigámica, las hembras muestran preferencia por algunos machos. Por ejemplo, pueden mostrar preferencia por los machos grandes, debido a la fuerte relación que existe entre tamaño del cuerpo y la eficacia en las competencias por las hembras (Cooper & Vitt, 1993).

Otra hipótesis propuesta es la divergencia de nichos (Hedrick & Temeles, 1989; Perry, 1996), donde la idea principal es que la escasez de un recurso (típicamente el alimento), y la competencia intersexual subsecuente por el mismo, provocan divergencia de caracteres y consecuentemente dimorfismo sexual (Perry, 1996; Kuo *et al.*, 2009).

Por último, una tercera hipótesis es la de selección de fecundidad, la cual puede ser favorecida por la selección natural mediante diferentes mecanismos (Darwin, 1871). El argumento es que las hembras más grandes, o las que posean una mayor longitud del tronco en relación a su cuerpo, tendrán más espacio para alojar a sus crías y de este modo tendrán más descendientes que las pequeñas, o de troncos más cortos (Olsson *et al.*, 2002). Una idea implícita en esta hipótesis, es que existe una relación positiva entre la fecundidad, el tamaño del cuerpo de la hembra, y variables asociadas como la baja frecuencia reproductora (Fitch, 1970). No obstante, estas hipótesis en torno al origen del dimorfismo no son mutuamente excluyentes, ya que dos o más mecanismos pueden actuar simultáneamente o en secuencia para producir el mismo tipo de dimorfismo sexual, o un mecanismo puede actuar en una dirección y otro restringir o amplificar la acción del primero (Shine, 1989).

Por otra parte, hay un interés en conocer los mecanismos próximos o actuales que producen diferencias morfológicas en machos y hembras. Entre estos mecanismos se encuentran la tasa y el patrón de crecimiento de los organismos. El DST, por ejemplo, puede ser consecuencia de diferencias en la concentración de hormonas de crecimiento o en el

reparto de energía entre el crecimiento y la reproducción (John-Alder *et al.*, 2007). Mientras que el DSF comúnmente ocurre debido a diferencias en el patrón de crecimiento. Machos y hembras adquieren formas corporales diferentes en virtud de poseer relaciones alométricas distintas. Esto es, algunas partes de cuerpo adquieren formas diferentes, debido a que crecen de manera diferente que el resto del cuerpo conforme crecen los organismos.

Antecedentes

Existen pocos estudios sobre la historia natural de *Plestiodon lynxe*. Taylor (1943) menciona que la especie es común en la localidad del Chico o Mineral del Chico, en el estado de Hidalgo. Posteriormente, Webb (1968) evaluó el estado taxonómico de *P. lynxe* (previamente *E. lynxe*) y reconoció dos subespecies: (I) *Plestiodon lynxe belli*, con poblaciones en Durango, Querétaro y Zacatecas y (II) *Plestiodon lynxe lynxe*, distribuida en los estados de San Luis Potosí, Hidalgo, Veracruz, Puebla y Guanajuato. En este trabajo, se asume que la población estudiada pertenece a la última subespecie.

Por otra parte, Ramírez-Bautista *et al.* (1998) realizaron un estudio sobre la biología reproductiva de esta especie. Examinaron ejemplares del municipio de Pinal de Amoles en Querétaro y observaron que al igual que otras especies de lagartijas que habitan en un ambiente templado del Eje Neovolcánico del centro de México, el apareamiento es otoñal, y el nacimiento de las crías ocurre en primavera (Guillette, 1982; 1983; Guillette & Bearce, 1986; Guillette & Méndez-De la Cruz, 1993) o a principios de verano, lo cual favorece al crecimiento y supervivencia de los juveniles (Guillette, 1983).

Puesto que las hembras ovulan en diciembre, un mes (o dos) después de que los machos alcanzan su volumen testicular máximo, Ramírez-Bautista *et al.* (1998) infirieron que las hembras almacenan el esperma, como se ha reportado en otras especies de *Plestiodon* (*P. egregius*: Schaefer & Roeding, 1973). Además, las hembras tienden a ser más grandes que los machos y éstas llegan a alcanzar la madurez sexual a una edad de 17 meses, mientras

que los machos a los 14 meses. El tamaño promedio de la camada fue de 4.7 crías y no hubo relación entre el tamaño de la camada y la longitud hocico-cloaca de las hembras.

Justificación

El dimorfismo sexual ha sido ampliamente estudiado en lagartijas. Se ha detectado, por ejemplo, que la mayoría de las especies de lagartijas estudiadas hasta la fecha exhiben dimorfismo sexual en tamaño sesgado hacia los machos, si bien el dimorfismo en sentido opuesto también es común y está presente en casi cada familia de lagartijas (Cox et al., 2007). Sin embargo, dada la diversidad específica de este grupo de reptiles los patrones de dimorfismo detectados aún son el resultado de una muestra relativamente pequeña de la variación en dimorfismo existente en este grupo. En consecuencia, el conocimiento del dimorfismo presente en otras especies debe mejorar la confiabilidad de los resultados obtenidos hasta la fecha.

También, la mayoría de los estudios sobre dimorfismo se han centrado en el tamaño corporal y han dejado de lado la forma del cuerpo. Esto representa un hueco importante en el conocimiento de este atributo. La ocurrencia de dimorfismo en partes particulares del cuerpo (cabeza, tronco, extremidades) sugiere que diferentes presiones selectivas pueden estar moldeando la forma corporal de los sexos. El descubrimiento de diferencias sexuales en partes corporales debe permitir plantear hipótesis acerca de sus causas y conducir a un conocimiento más completo del dimorfismo y las causas que lo originan.

Hipótesis

Ramírez-Bautista *et al.* (1988) encontró dimorfismo sexual en tamaño sesgado hacia las hembras en una población de *P. lynxe* que habita en Pinal de Amoles, Querétaro. Por ende, se espera que la población de *P. lynxe* que habita en Ixtacamaxtitlán también presente dimorfismo sexual en tamaño corporal sesgado hacia las hembras. En otras especies de *Plestiodon* se ha detectado dimorfismo en la forma del cuerpo (*P. brevirostris*: Chávez-López, 2012; *P. indubitus*: Lagunas-Cortés, 2013). De este modo, se espera que la población estudiada también presente dimorfismo sexual en la forma del cuerpo.

Objetivos

- Determinar si *Plestiodon lynxe* presenta dimorfismo sexual en el tamaño y la forma del cuerpo.
- Determinar si el dimorfismo detectado en los adultos está presente en las crías o se adquiere durante el crecimiento.
- Determinar si existen diferencias alométricas sexuales en los patrones de diferenciación corporal de machos y hembras que contribuyan a la manifestación de algún dimorfismo sexual en *P. lynxe*

Material y Método

Descripción de la especie

Plestiodon lynxe (Wiegmann, 1834)

Es una lagartija de forma esbelta, alargada y de tamaño mediano, con una LHC media de 54.3 ± 3.61 (32.0-69.0 mm). La cabeza es de forma alargada, las extremidades cortas y ligeramente robustas, con escamas lisas cicloideas; el color de la cabeza va de café a negro (Fig. 1). Presenta una línea clara en la parte dorsal que recorre el cuerpo y en la región nugal se bifurca hasta llegar a la cabeza. Las crías tienen una cola de color azul, volviéndose azul grisáceo en adultos. En organismos preservados, el abdomen y la mayor parte de la región pélvica se observa de este color azul grisáceo (Webb, 1968).



Figura 1. Ejemplar adulto de *Plestiodon lynxe*. Fotografía tomada por Manuel Feria Ortiz.

Distribución

Se distribuye en la parte central de México en los estados de Durango, San Luis Potosí, Hidalgo, Veracruz, Puebla, Guanajuato (Smith & Taylor 1966; Webb, 1968) y Querétaro, en el Eje Neovolcánico (Ramírez-Bautista *et al.*, 1998). También se ha reportado en los estados de Aguascalientes, Jalisco, Michoacán, Tlaxcala y Zacatecas (Smith & Smith, 1976).

Hábitat y hábitos

Plestiodon lynxe habita en bosques de pino, encino y pino-encino a elevaciones superiores a los 2000 msnm y generalmente se encuentran entre la hojarasca, bajo rocas y troncos caídos (Webb, 1968).

Por otra parte, se ha documentado que su dieta se basa en artrópodos y que su forrajeo es activo, desplazándose entre la hojarasca y rocas en busca de alimento. Además, Uribe-Peña *et al.* (1999) reportaron que su reproducción es vivípara.

Zona de Estudio

Los organismos se recolectaron en dos áreas relativamente cercanas entre sí. Las dos áreas se encuentran dentro del municipio de Ixtacamaxtitlán, el cual está ubicado en la mitad norte del estado del Puebla y colinda con el límite noreste del estado de Tlaxcala. La vegetación natural aledaña a los sitios de recolecta consiste en bosque de pino-encino, pero son comunes las áreas de cultivo (principalmente de maíz). La búsqueda de ejemplares se realizó en sitios cubiertos con pasto en los cuales era común encontrar diversos tipos de objetos en el suelo, tales como rocas, tablas y troncos, entre otros. Las lagartijas comúnmente se desplazan entre el pasto y se refugian temporalmente debajo de los escombros presentes en el suelo, principalmente rocas pobremente cimentadas al mismo.

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (2004), el clima para estas localidades es Cw(w2), templado subhúmedo con lluvias en verano.

En estas áreas *Plestiodon lynxe* convive con otros reptiles: *Sceloporus grammicus*, *S. megalepidurus*, *S. mucronatus*, *S. bicantallis*, *Barisia imbricata*, *Pseudoeurycea leprosa*, *P. cephalica*, *Chiropterotriton orculus*, *Conopsis lineata*, *Thamnophis scalaris*, *T. pulchrilatus* y *Crotalus ravus*.

Las áreas en donde se capturaron los ejemplares se encuentran en los poblados de Tonalapa (19° 32' 59.08" N, 97° 46' 49.54" W) y Oyamatepec (19° 32' 40.07" N, 97° 45' 47.84" W), los cuales se encuentran al sureste del municipio (Ver Fig.2). La altitud varía de 2769 a los 2927 msnm. La mayoría de los ejemplares se colectaron a las orillas de un camino de terracería que se encuentra entre el límite occidental del municipio y la entrada al pueblo de Oyamatepec. Mientras que otros se recolectaron en el extremo este de dicho poblado y en las cercanías del poblado de Tonalapa.

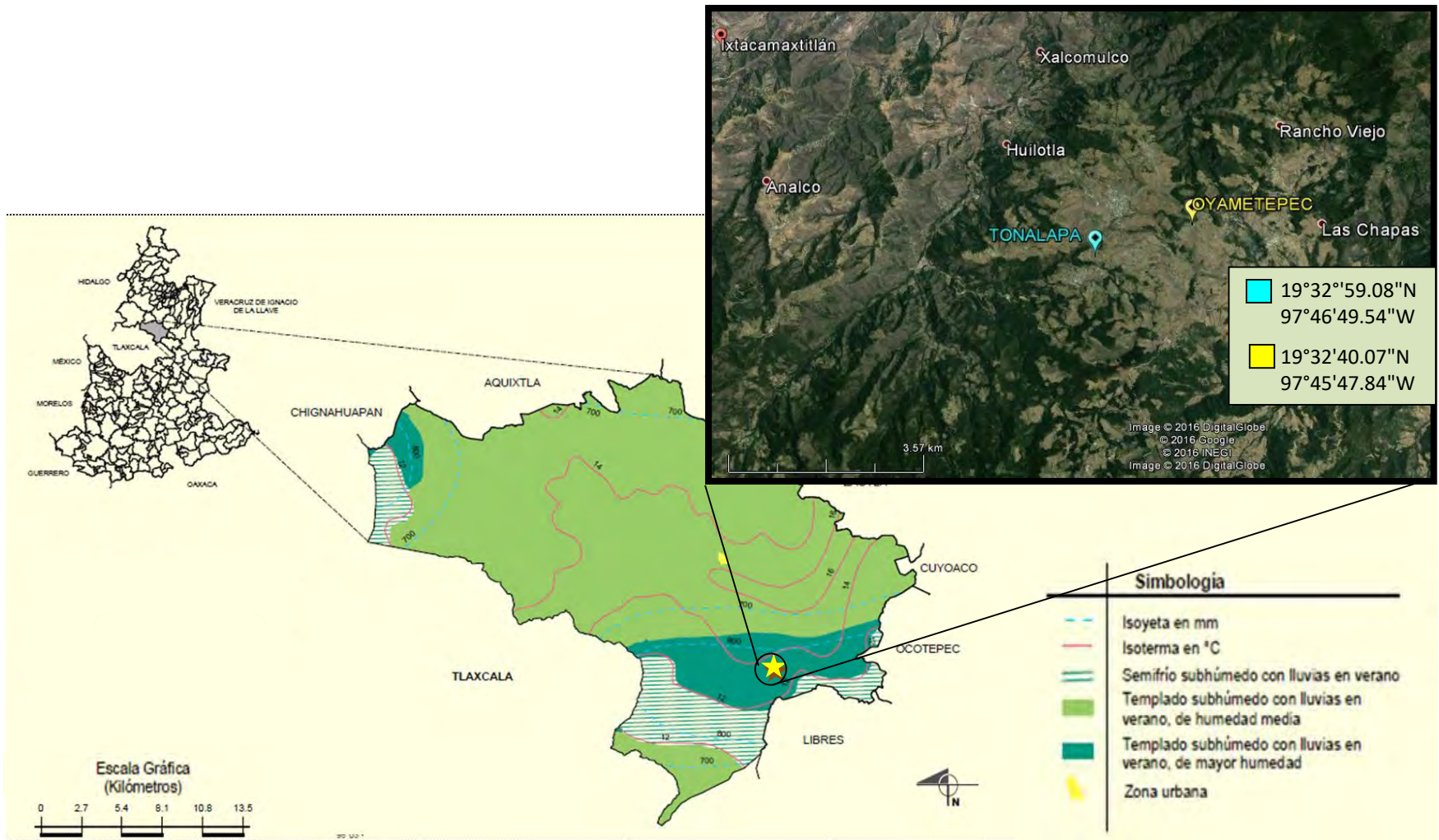


Figura 2. Ubicación geográfica y los tipos de clima del municipio de Ixtacamaxtitlán, Puebla. La estrella amarilla representa el sitio donde se ubican los sitios de colecta. Modificado de INEGI. *Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1*. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las Cartas de Climas, Precipitación Total Anual y Temperatura Media Anual 1:1 000 000, serie I.

Trabajo de campo

Se realizaron visitas mensuales durante los meses de agosto del 2013 a junio del 2014, a las localidades de Tonalapa y Oyametepec del municipio de Ixtacamaxtitlán.

Se buscaron organismos en los sitios considerados como microhábitats potenciales de los mismos (debajo de troncos, rocas, pencas de maguey, entre otros). Todos los especímenes se capturaron con la mano. Subsecuentemente se colocaron dentro de bolsas de plástico para transportarlos al Museo de Zoología de la FES Zaragoza.

Con el fin de obtener datos de crías recién nacidas, una o dos semanas antes de la fecha de parto, se recolectaron ocho hembras preñadas y se transportaron al laboratorio para mantenerlas en cautiverio hasta el nacimiento de las crías.

Trabajo en laboratorio

Durante su estancia en el laboratorio (alrededor de dos semanas), los organismos (adultos, juveniles y crías) se mantuvieron en cajas de plástico (20x11x8) de forma separada y con pequeñas perforaciones en las tapas para facilitar la aireación del interior de las cajas. Posteriormente, se les alimentó con larvas de *Tenebrio molitor* y se les proporcionó humedad mediante toallas humedecidas. En el caso de las hembras preñadas, se revisaron diariamente con el fin de detectar el nacimiento de las crías.

Los organismos capturados se dividieron en tres grupos de edad: (i) crías. Se consideraron como crías a los ejemplares nacidas en laboratorio y a los recolectados en campo cuyo tamaño fue similar a los primeros, (ii) jóvenes, Se consideraron como jóvenes a los especímenes cuyo tamaño fue mayor al de las crías y menor al tamaño mínimo en el que se alcanza la madurez sexual (machos: 51.8 mm, hembras: 54.74 mm; Serrano-García, en preparación) y (iii) adultos. Organismos con una talla superior a la que se alcanza la madurez sexual.

No fue posible distinguir el sexo de las crías y los jóvenes relativamente pequeños. Por lo tanto, en estos casos no se separaron a los organismos de acuerdo a su sexo. No obstante, los machos adultos se distinguen fácilmente de las hembras por el color naranja presente en la gula. Además, la cabeza es más ancha en los machos que en las hembras del mismo tamaño.

Para cada individuo se registraron las siguientes medidas morfométricas (Fig.3):

- 1) Longitud hocico-cloaca (LHC); medida de la punta del hocico a la parte posterior de la cloaca.
- 2) Longitud de la cabeza (LCAB); distancia de la punta del hocico a la parte posterior del tímpano.
- 3) Ancho de la cabeza (ACAB); medida a la altura de las parietales (ancho máximo).
- 4) Longitud del cuello (LCUELL); medida de la parte posterior del tímpano a la axila.
- 5) Longitud del brazo (LBZO); medida de la axila al codo.
- 6) Longitud del fémur (LFEM); distancia de la ingle a la rodilla.
- 7) Longitud del tronco (TRN); distancia de la axila a la ingle.
- 8) Longitud de la base de la cola (LBCOL); medida de la parte más ancha de la cola.
- 9) Longitud de la cola (LCOL), medida de la cloaca a la punta de la cola.
- 10) Peso corporal.

Para evaluar el dimorfismo en la longitud de la cola, solo se consideraron ejemplares que presentaron colas completas, con el fin de evitar errores en los análisis de datos.

Todas las medidas morfométricas se realizaron con un Vernier Trupper con precisión de 0.01 mm y en el caso del peso con una balanza semianalítica OHAUS®(±0.01g). Los ejemplares recién nacidos y jóvenes se regresaron a la zona de estudio.

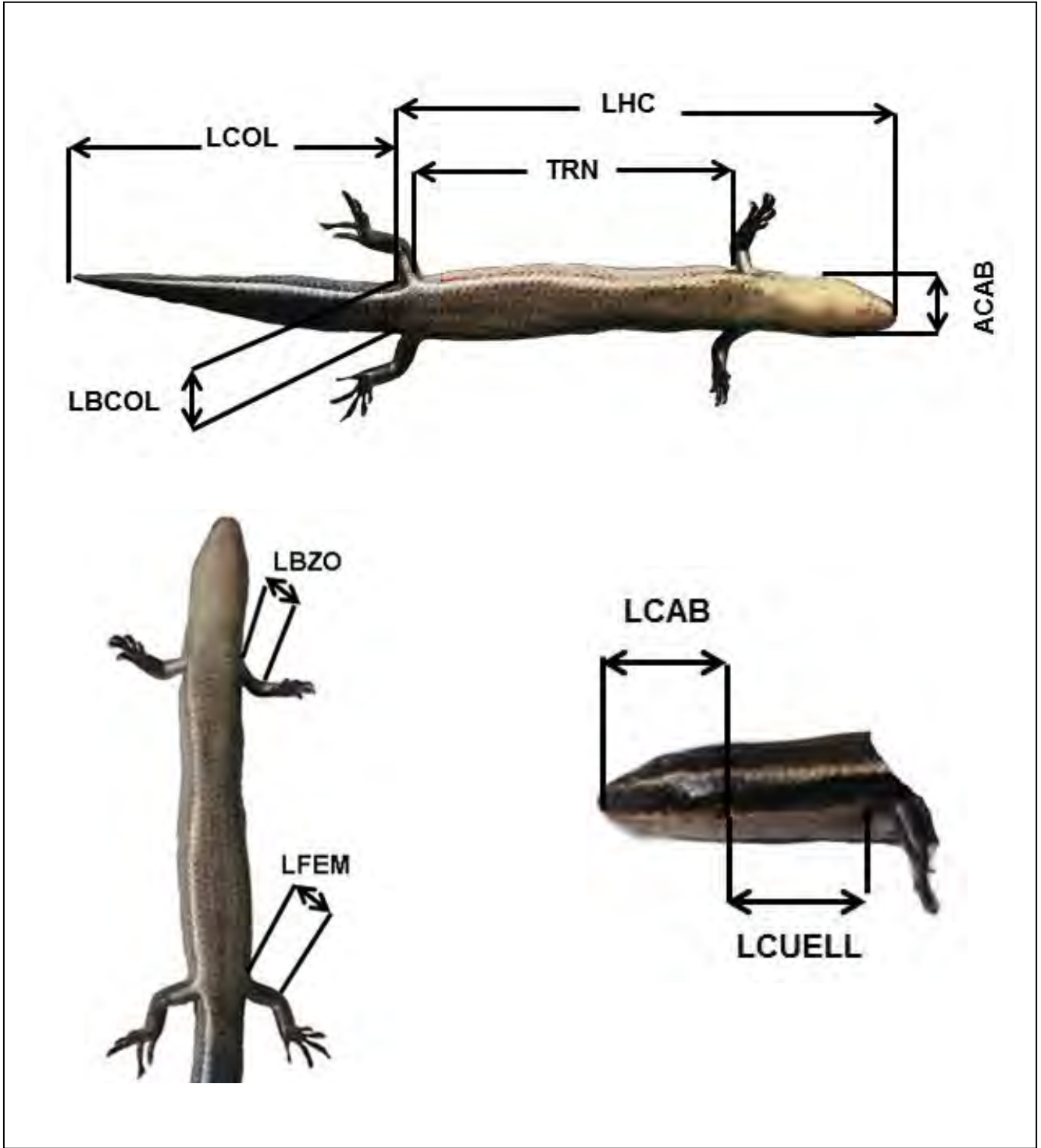


Figura 3. Medidas morfométricas registradas en la población de *Plestiodon lynxe* (Elaboró: Leal Villanueva Itzel Fernanda).

Tratamiento estadístico de los datos

Para cada grupo (machos adultos, hembras adultas, jóvenes y crías), se realizaron resúmenes estadísticos (promedios, \pm Error estándar e intervalos de variación).

Con el fin de mejorar el ajuste de los datos obtenidos a los criterios de normalidad y homocedasticidad que requieren las pruebas paramétricas, se realizó una transformación logarítmica (Log_{10}) a todos los valores (Aguilar *et. al*, 2010). En el caso del peso corporal, en los adultos se les saco raíz cubica y posteriormente se realizó la transformación logarítmica, mientras que para juveniles y crías antes de su transformación logarítmica, cada registro se multiplicó por 10 con el fin de evitar valores negativos.

Se realizó una prueba *t* de Student para evaluar diferencias sexuales en la longitud hocico-cloaca entre machos y hembras. Posteriormente, para las variables dependientes del tamaño corporal (LHC) se realizó un análisis de covarianza multivariado (ANMUCOVA). Para este análisis, se consideró a la longitud hocico-cloaca (LHC) como variable independiente (covariada), al sexo como categórico o factor fijo y a las demás variables morfométricas (LCAB, ACAB, LCUELL, LANB, LFEM, TRN, LBCOL, Peso), dependientes.

Fueron relativamente pocos los ejemplares que presentaron colas completas. En consecuencia, se utilizó un ANCOVA de una vía para evaluar las diferencias sexuales en este rasgo. Se utilizaron pruebas de contrastes posteriores (post hoc) de Bonferroni para detectar diferencias sexuales significativas en variables dependientes particulares.

No fue posible evaluar directamente si las crías presentaron dimorfismo sexual en los rasgos que fueron dimórficos en adultos. Por lo tanto, con el fin de evaluar la existencia de dimorfismo en las crías se utilizaron estimadores de densidad por Kernel (EDK) para obtener histogramas suavizados de cada variable involucrada (Salgado-Ugarte, *et al.* 1993; 1995a; 1995b; Salgado-Ugarte, 2002; 2013). Se consideró que un rasgo fue sexualmente dimórfico si el histograma correspondiente resultó bimodal, en caso contrario se consideró ausencia de dimorfismo.

Alometría

Con el fin de evaluar si existen diferencias alométricas sexuales en la diferenciación de los rasgos morfométricos se utilizó la siguiente ecuación:

$$Y = aX^b$$

Dónde y = una medida corporal (por ejemplo, LCA), X = otra medida corporal (por ejemplo, LHC), b = coeficiente de alometría (el cual puede interpretarse como un cociente de tasas de crecimiento) y a = una constante. Debido a que esta ecuación es exponencial se utilizaron valores logarítmicos con el fin de obtener una ecuación lineal. Esto es:

$$\text{Log } Y = \text{Log } (aX^b) \quad \text{y} \quad \text{Log } Y = \log (a) + b \log (x)$$

La ecuación de la recta correspondiente se obtuvo mediante el método de mínimos cuadrados. Estos análisis de regresión se realizaron únicamente en los caracteres que mostraron diferencias sexuales significativas.

Se consideró a la pendiente de la recta (b) como un índice de alometría. De este modo, se consideró que el carácter mostró alometría positiva si el intervalo de confianza del 95% para la estimación de la pendiente incluyó únicamente valores > 1.0 . Por el contrario, si el intervalo incluyó solamente valores menores a 1 se consideró que el crecimiento fue alométrico negativo. Se consideró isometría si el intervalo de confianza incluyó el valor de 1.0. No obstante, para una modalidad alométrica (positiva o negativa) dada, se consideró que valores diferentes reflejaron grados de alometría diferentes. Para el caso de los jóvenes, se realizaron análisis de regresión con las variables que fueron significativas en los adultos. Posteriormente para cada organismo (crías, jóvenes, machos y hembras) se obtuvo el porcentaje de cada carácter significativo en relación a la longitud hocico-cloaca (Ej. LCAB/LHC x 100) y se calculó el promedio de cada una de ellas para corroborar el crecimiento alométrico.

Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con los programas STATISTICA 7.0 y STATA 11.0, con un nivel de significancia de 0.05.

Resultados

Se colectaron en total 118 ejemplares, 58 adultos y 33 jóvenes. Solo ocho hembras estaban preñadas y parieron un total de 27 crías.

Dimorfismo sexual en tamaño de cuerpo

Se examinaron 58 organismos adultos de *Plestiodon lynxe*, 34 hembras y 24 machos. La LHC promedio de las hembras fue mayor a la de los machos; ($X \pm 1EE$) = 60.66 ± 1.86 (54.90 - 66.36 y 57.14 ± 0.80 (52.29 - 65.43), respectivamente. La prueba *t* de Student, detectó que la diferencia era estadísticamente significativa ($t = -3.80968$; $gl = 56$; $p < 0.000348$).

El ANMUCOVA detectó diferencias significativas entre las variables dependientes conjuntas asociadas a los sexos (Wilks = 0.488148; $F = 6.291350$; $gl = 8,48$; $p < 0.000015$). Las pruebas de contraste posteriores de Bonferroni no detectaron diferencias sexuales significativas en el largo del cuello, longitud del brazo, longitud del fémur y el largo de la base de la cola. Solamente detectaron diferencias en el tronco, el peso corporal, largo y ancho de la cabeza (Tabla 1).

Los machos presentaron cabezas más largas y anchas que las hembras. Por otra parte, las hembras presentaron mayor peso corporal y troncos más largos. El ANCOVA no mostró diferencias significativas entre los sexos con respecto a la longitud de la cola (Tabla 1).

Tabla 1. Promedios (\pm EE) e intervalos de variación correspondientes a las variables morfométricas (incluyendo el peso) para hembras y machos adultos de *Plestiodon lynxe*. Se muestran valores reales medidas en mm. Clave de abreviaciones: Longitud de la cabeza (LCAB), Ancho de la cabeza (ACAB); Longitud del cuello (LCUELL), Longitud del brazo (LBZO), Longitud del fémur (LFEM); Longitud del tronco (TRN); Longitud de la base de la cola (LBCOL); longitud de la cola (LCOL). La columna de la derecha muestra el valor de la significancia de la prueba: n.s = no significativo ($p \geq 0.10$); * = marginalmente significativo ($0.05 \leq p < 0.10$); ** = significativo ($0.01 \leq p < 0.05$) y *** = altamente significativo ($p < 0.01$).

| Carácter | X \pm EE (MIN-MAX) | | Bonferroni Significancia |
|-------------|--|---|-----------------------------|
| | Hembras | Machos | |
| LCAB | 10.59 \pm 0.08 (9.81-11.90) | 11.08\pm0.17 (9.13-12.68) | 0.004665** |
| ACAB | 7.18 \pm 0.10 (5.99-8.30) | 7.70\pm0.19 (6.31-9.44) | 0.009472** |
| LCUELL | 7.72 \pm 0.29 (6.14-10.60) | 8.09 \pm 0.29 (5.81-11.48) | 0.309759 n.s |
| LBZO | 4.46 \pm 0.07 (3.47-5.39) | 4.52 \pm 0.09 (3.91-5.74) | 0.615667 n.s |
| LFEM | 5.46 \pm 0.09 (4.20-6.63) | 5.55 \pm 0.14 (4.20-7.09) | 0.603318 n.s |
| TRN | 38.19\pm0.44 (34.08-42.19) | 32.76 \pm 0.84 (24.63-43.00) | 0.000000*** |
| LBCOL | 5.69 \pm 0.12 (4.50-7.32) | 5.70 \pm 0.13 (3.85-7.00) | 0.949052 n.s |
| LCOL | 70.74 \pm 2.45 (51.44-86.85) | 67.3 \pm 2.62 (31.08-82.49) | 0.358868n.s |
| PESO | 4.96\pm0.17 (2.75-6.39) | 4.13 \pm 0.17 (2.77-5.63) | 0.000134*** |

Crías

Los datos registrados para las crías se muestran en la Tabla 2, los datos en negritas son las variables morfométricas que fueron significativas en los adultos.

Tabla 2. Promedios (\pm EE) e intervalos de variación correspondientes a las variables morfométricas para crías de *Plestiodon lynxe*. Se muestran valores reales medidas en mm.

| Carácter | X \pm EE | (MIN-MAX) |
|----------|----------------------------------|----------------------|
| LHC | 24.03\pm0.29 | (21.49-26.26) |
| LCAB | 5.47\pm0.07 | (4.69-6.03) |
| ACAB | 3.84\pm0.04 | (3.44-4.18) |
| LCUELL | 3.51 \pm 0.07 | (2.71-4.22) |
| LBZO | 2.26 \pm 0.05 | (1.77-2.83) |
| LFEM | 2.78 \pm 0.05 | (2.36-3.23) |
| TRN | 12.15\pm0.19 | (10.31-14.20) |
| LBCOL | 1.99 \pm 0.04 | (1.67-2.55) |
| LCOL | 26.51 \pm 0.66 | (15.15-32.38) |
| PESO | 0.25\pm0.008 | (0.18-0.32) |

Los histogramas suavizados obtenidos utilizando estimadores de densidad por Kernel, muestran una distribución normal en el ACAB indicando la ausencia de dimorfismo. En cambio, el histograma suavizado para la LHC muestra dos modas separadas entre sí por una distancia relativamente grande (\approx 3.0 mm, Fig. 4). Esto sugiere la existencia de dos distribuciones distintas. No es claro hasta qué grado las distribuciones estén conformadas por lagartijas de diferente sexo. Sin embargo, dada la diferencia relativamente grande en las modas y la ausencia de factores obvios que dividan a las crías en dos grupos de distinto tamaño, es posible que la segregación de las distribuciones se deba al menos en parte a la existencia de dimorfismo sexual en las crías.

El histograma correspondiente al peso corporal también exhibe dos modas. Como ocurre con la LHC, el peso corporal parece una variable compuesta integrada por dos distribuciones. Sin embargo, en este caso es poco probable que las distribuciones segreguen en algún grado significativo a los sexos. Más bien, la separación de las mismas puede deberse principalmente a que pocas lagartijas nacen con pesos corporales relativamente bajos. Esta sugerencia se ve apoyada por el hecho de que, a diferencia de lo que ocurre con el histograma de la LHC, la diferencia en la altura de los picos (modas) es muy marcada (Fig.4). El pico correspondiente a lagartijas de menor peso corporal es relativamente bajo en comparación con el pico correspondiente a los organismos más pesados.

En cuanto al histograma de la longitud de la cabeza muestra un patrón similar al de la LHC. En consecuencia, su interpretación es similar: en algún grado el patrón puede estar influenciado por dimorfismo sexual en el largo de la cabeza. Mientras que el histograma suavizado para la longitud del tronco muestra dos picos y la altura de los mismos es diferente, si bien la diferencia no es tan marcada como en el caso del peso corporal. Podría asumirse que las diferencias en las modas reflejan en alguna medida diferencias entre sexos en la longitud de tronco. Sin embargo, la influencia del dimorfismo sexual en la manifestación del patrón es menor que en el caso de la LHC y la LCAB o hay un sesgo en la tasa sexual de las crías, y por esta razón es menor la densidad de lagartijas con mayor longitud del tronco.

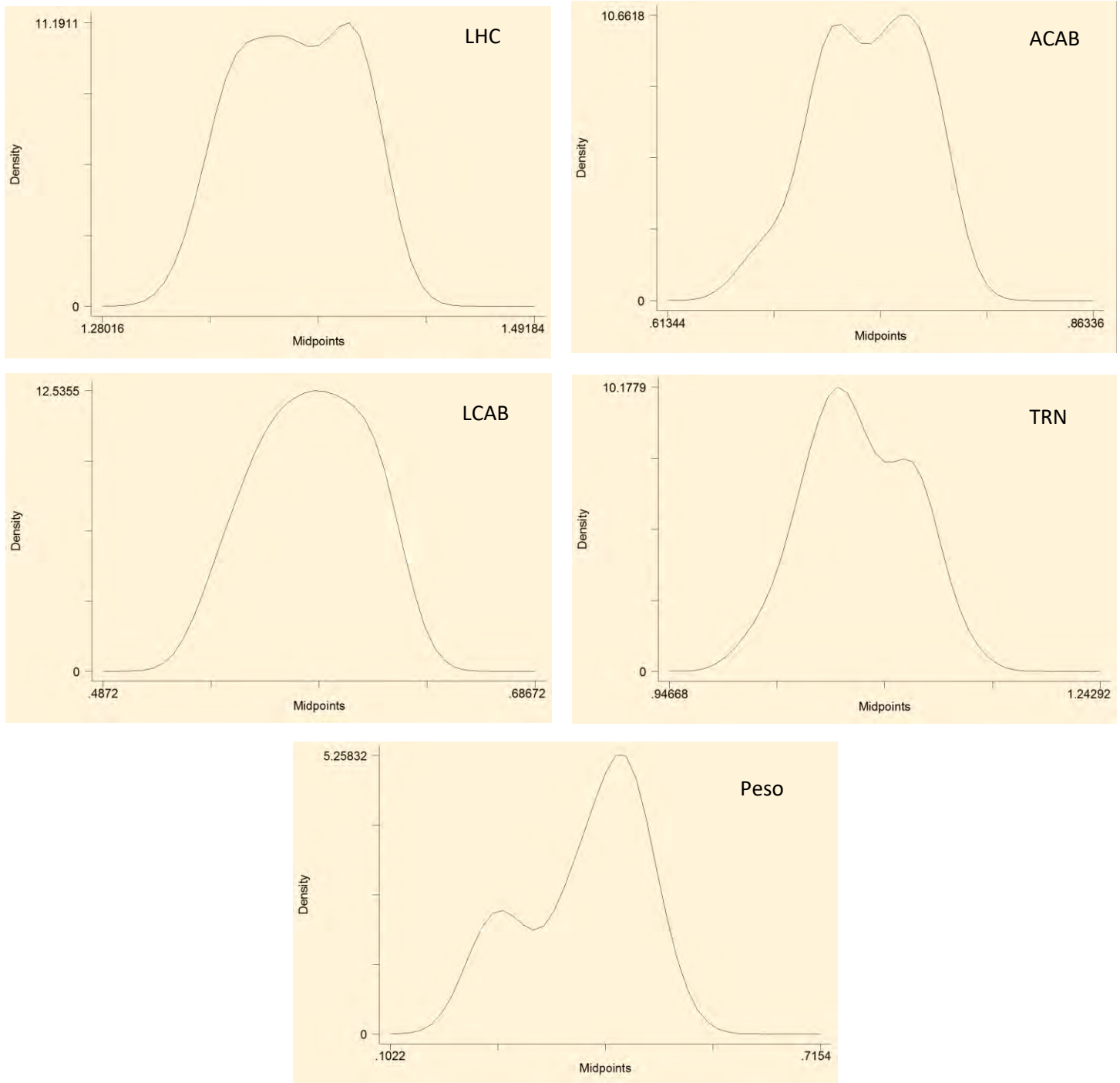


Figura 4. Histogramas suavizados mediante estimadores de densidad por Kernel. Se utilizó el ancho de banda óptimo proporcionado por el programa Stata versión 11 (Salgado-Ugarte *et. al.*, 1993; 1995b).

Diferencias sexuales alométricas

Jóvenes

Se observaron alometrias positivas, negativas e isométricas en las tasas de crecimiento de los caracteres morfométricos estudiados. En las cuatro regresiones, el modelo obtenido explicó más del 60% de la variación de los datos (Tabla 3). También, en los cuatro casos la correlación entre las variables fue altamente significativa.

El crecimiento del largo de la cabeza fue alométrico negativo (Tabla 3, Fig. 5). Este resultado concuerda con lo que se observa en la tabla 5: las crías poseen cabezas más largas en relación a su LHC que los jóvenes, lo cual debe ocurrir si el crecimiento de LCAB es más lento en comparación con el crecimiento de la LHC.

No se detectó alometría en el crecimiento del ACAB y la longitud del TRN (Tabla.3, Fig. 5 y 6). El ACAB promedio de las crías es mayor que obtenido para los jóvenes mientras que ocurre lo contrario con la longitud del TRN (Tabla 5). En consecuencia, se esperaría que el ACAB mostrara alometría negativa y el largo del TRN alometría positiva. Es factible considerar que la variación en los datos dificultó la detección de algún grado de alometría en estas variables: la variación notable en el tamaño de los jóvenes, de 31.90 a 53.72 mm, se reflejó en la variación de las longitudes de los troncos (17.50 - 33.70 mm). Asimismo, la variación en el ACAB fue mayor que en el caso de la LCAB y el modelo ACAB-LHC explicó sólo el 61.57% de los datos.

El aumento en el peso corporal fue alrededor de tres veces más rápido que el aumento en la longitud hocico cloaca. Esto es de esperarse dado que peso corporal aumenta en una potencia cubica con respecto al aumento en la LHC.

Tabla 3. Resultados de las regresiones lineales por mínimos cuadrados en jóvenes de *Plestiodon lynxe*. LHC como variable independiente y LCAB, ACAB, TRN y Peso como dependientes. Entre paréntesis se muestran los intervalos de confianza del 95%. R²= coeficiente de determinación; p = probabilidad de obtener una r ($\sqrt{R^2}$) como la observada dado que no hay relación entre la variable involucrada y la LHC. El significado de los asteriscos es como se indica en la tabla 1.

| Variable | Pendiente | R ² | P | Alometría |
|-------------|--------------------------------|----------------|------------|-----------|
| LCAB | 0.6408 (0.4955952 - 0.7860155) | 0.7232 | 0.0000 *** | Negativa |
| ACAB | 0.8369 (0.5947208 - 1.079177) | 0.6157 | 0.0000 *** | Isometría |
| TRN | 0.9166 (0.7045383 - 1.128759) | 0.7148 | 0.0000 *** | Isometría |
| Peso | 2.7917 (2.303967 - 3.279514) | 0.8147 | 0.0000 *** | Positiva |

Adultos

Las rectas de regresión correspondientes a los adultos explican muy pobremente la variación de los datos. Los porcentajes de variación explicados por los modelos que involucran a las variables relacionadas con el tamaño de la cabeza varían de 9.67 a 25.09 por ciento (Fig. 7). Si bien los modelos que relacionan la longitud del tronco o el peso corporal con la longitud hocico cloaca explican menor el comportamiento de estos datos los porcentajes de variación también relativamente bajos. En consecuencia, se considera que los resultados y conclusiones obtenidas a partir de estos modelos son preliminares y necesitan verificación adicional.

El alargamiento de la cabeza muestra alometría negativa en ambos sexos (Tabla 4). Esto es, después de la madurez sexual el LCAB disminuye conforme crece el organismo. Esta disminución parece más marcada en las hembras que en los machos. Al parecer, por lo tanto, durante la madurez se acentúa el dimorfismo sexual existente en este rasgo. En

ambos sexos el ACAB cambia de manera isométrica conforme crecen los organismos. El dimorfismo manifestado en este carácter no se acentúa después de la madurez sexual. Sin embargo, las diferencias en la elevación de las rectas involucradas (mayor en machos que en hembras; Fig. 7) confirman la existencia de dimorfismo en este carácter.

La longitud del tronco aumenta de manera isométrica con respecto al crecimiento de los organismos (Tabla 4). Los intervalos de confianza de 95% correspondientes a las estimas de las pendientes incluyen el valor de 1 en ambos sexos y, por lo tanto, se infiere la existencia de isometría en el alargamiento del tronco en ambos sexos. Sin embargo, la pendiente de la recta (esto es, el coeficiente de alometría) es mayor para los machos. Esto sugiere que el grado de dimorfismo presente en este carácter disminuye conforme crecen los adultos (ver Fig. 8). Como se señala arriba, dado el pobre ajuste de los datos de las hembras a la recta de regresión correspondiente es necesario contar con más datos para confirmar este patrón.

En cuanto al peso, este también presentó un crecimiento isométrico y la pendiente de la recta fue levemente mayor en las hembras (Fig. 8). Por lo que hay un aumento significativo en el peso conforme el organismo crece y disminuye al llegar a la edad adulta (Tabla 5).

Tabla 4. Resultados de las regresiones lineales por mínimos cuadrados en adultos de *Plestiodon lynxe*. LHC como variable independiente y LCAB, ACAB, TRN y Peso como dependientes. Entre paréntesis se muestran los intervalos de confianza del 95%. R^2 = coeficiente de determinación; $p = \sqrt{R^2}$) como la observada dado que no hay relación entre la variable involucrada y la LHC. El significado de los asteriscos es como se indica en la tabla 1.

| Variable | Pendiente | R^2 | P | Alometría |
|----------|---------------------------------|--------|------------|-----------|
| LCAB ♂ | 0.5592 (0.1320232 - 0.9864164) | 0.2509 | 0.0127 ** | Negativa |
| LCAB ♀ | 0.2812 (-0.0282084 - 0.5907075) | 0.0967 | 0.0734* | Negativa |
| ACAB ♂ | 0.6314 (-0.1154549 - 1.378308) | 0.1226 | 0.0935* | Isometría |
| ACAB ♀ | 0.6858 (0.1646744 - 1.206931) | 0.1834 | 0.0115 ** | Isometría |
| TRN ♂ | 1.313 (0.7400999 - 1.885812) | 0.5066 | 0.0001 *** | Isometría |
| TRN ♀ | 0.713 (0.3154204 - 1.11064) | 0.2943 | 0.0009 *** | Isometría |
| Peso ♂ | 0.6509 (0.2767331 - 1.025014) | 0.3717 | 0.0016 *** | Isometría |
| Peso ♀ | 0.8728 (0.491436 - 1.254097) | 0.4045 | 0.0001 *** | Isometría |

Tabla 5. Porcentajes (Promedios \pm EE) de cuatro variables morfológicas registrados en las crías, jóvenes y adultos de *Plestiodon lynxe*.

| Carácter | Crías | Juveniles | Machos | Hembras |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| (LCAB/LHC) x100 | 22.80 \pm 0.31 | 20.65 \pm 0.26 | 19.42 \pm 0.27 | 17.51 \pm 0.17 |
| (ACAB/LHC) x 100 | 16.02 \pm 0.25 | 13.22 \pm 0.21 | 13.50 \pm 0.32 | 11.85 \pm 0.15 |
| (TRN/LHC) x 100 | 50.59 \pm 0.67 | 58.18 \pm 0.85 | 57.25 \pm 1.03 | 63.09 \pm 0.63 |
| (Peso/LHC) x 100 | 1.03 \pm 0.02 | 3.32 \pm 0.19 | 7.19 \pm 0.26 | 8.16 \pm 0.24 |

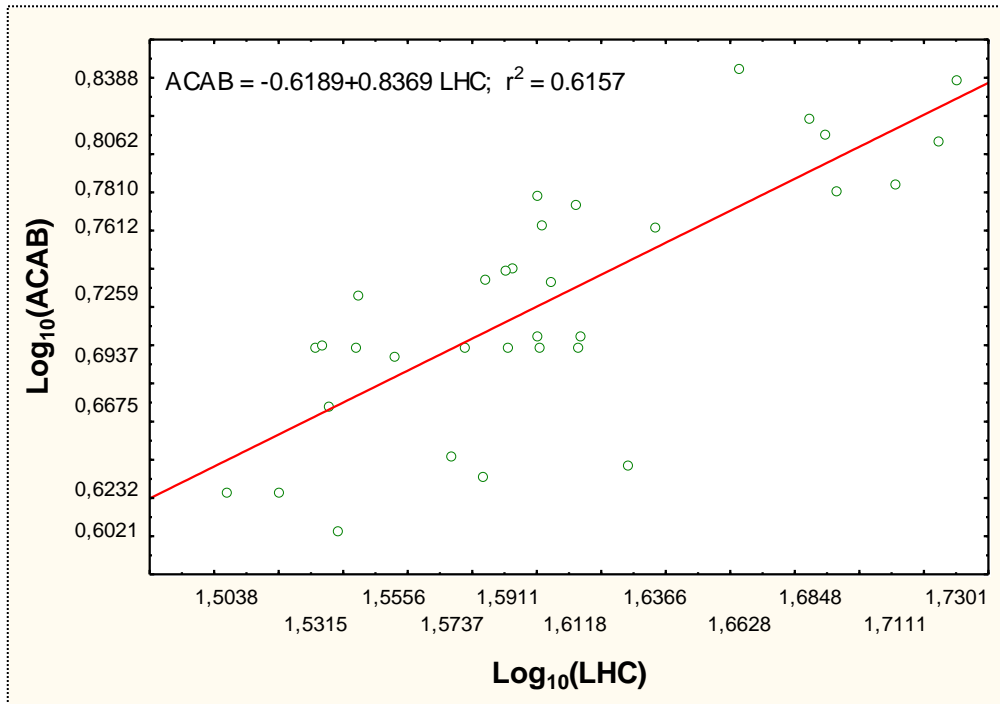
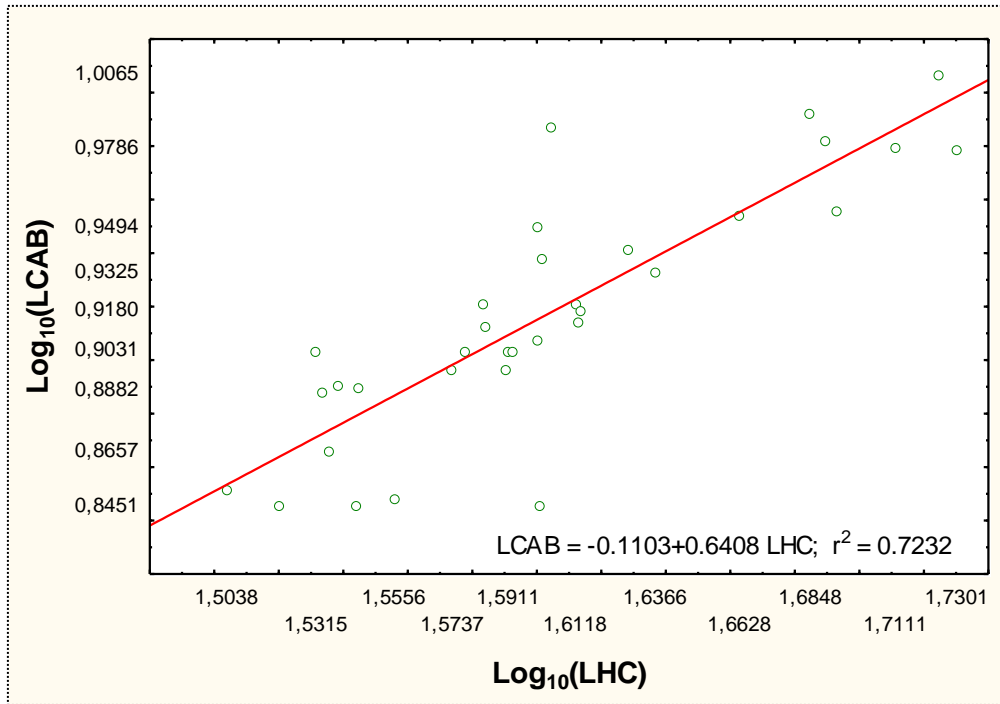


Figura 5. Regresiones lineales entre la longitud hocico-cloaca (LHC), el largo de la cabeza (LCAB) y ancho de la cabeza (ACAB) para juveniles de *Plestiodon lynxe*.

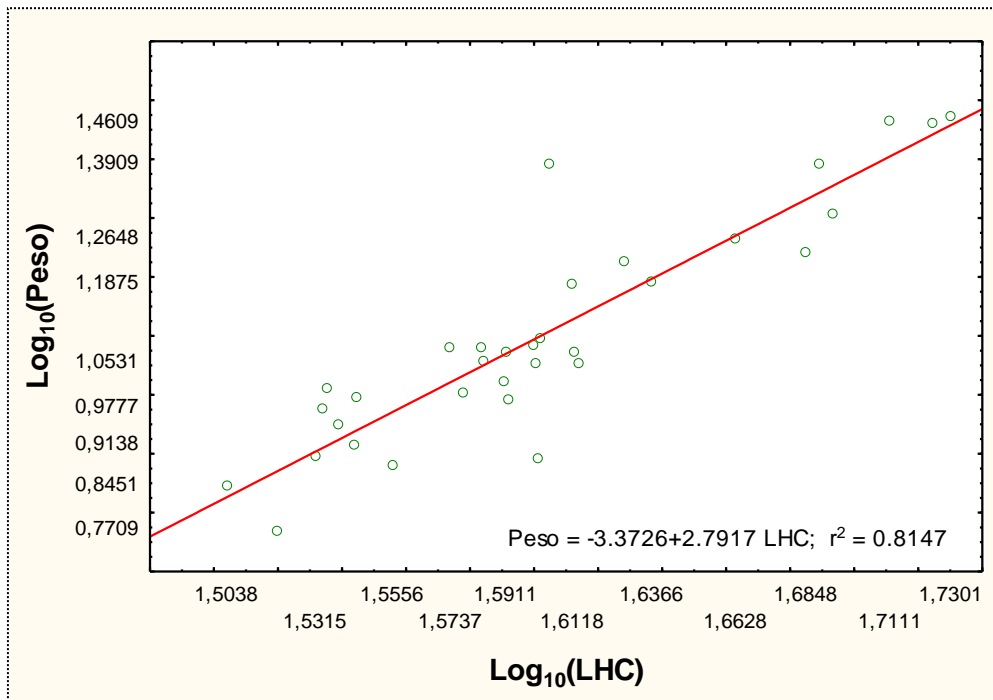
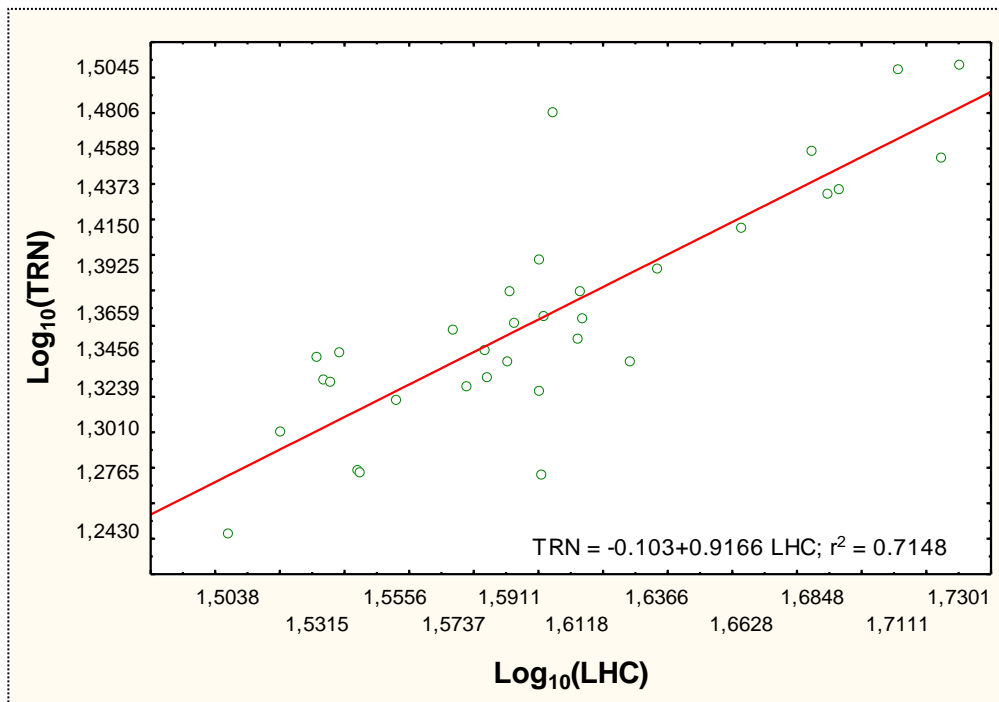


Figura 6. Regresiones lineales entre la longitud hocico-cloaca (LHC), la longitud del tronco (TRN) y el peso para juveniles de *Plestiodon lynxe*.

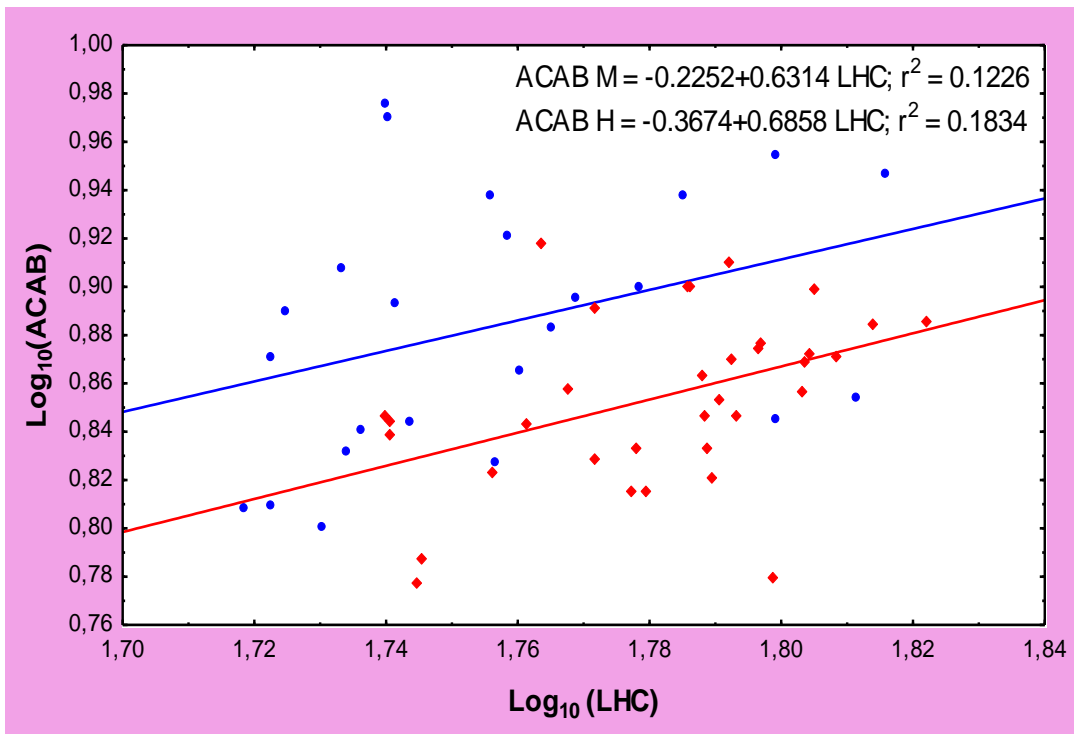
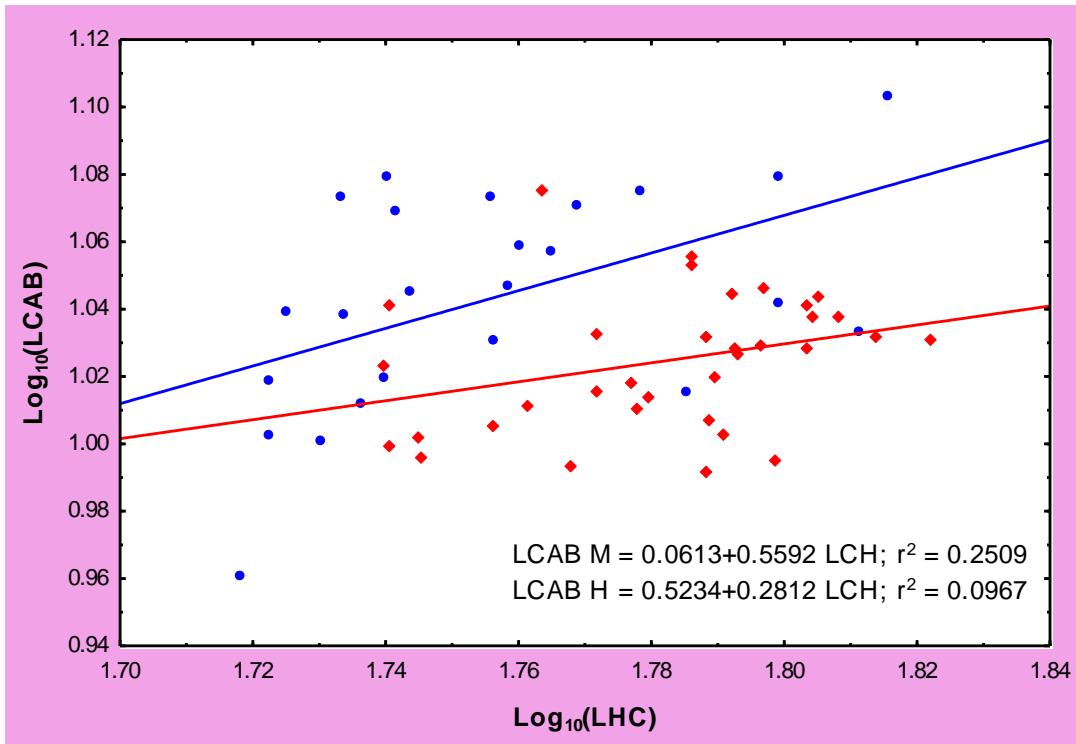


Figura 7. Regresiones lineales entre la longitud hocico-cloaca (LHC), el largo de la cabeza, (LCAB) y ancho de la cabeza (ACAB), para hembras (rombos rojos) y machos (círculos azules) adultos de *Plestiodon lynxe*.

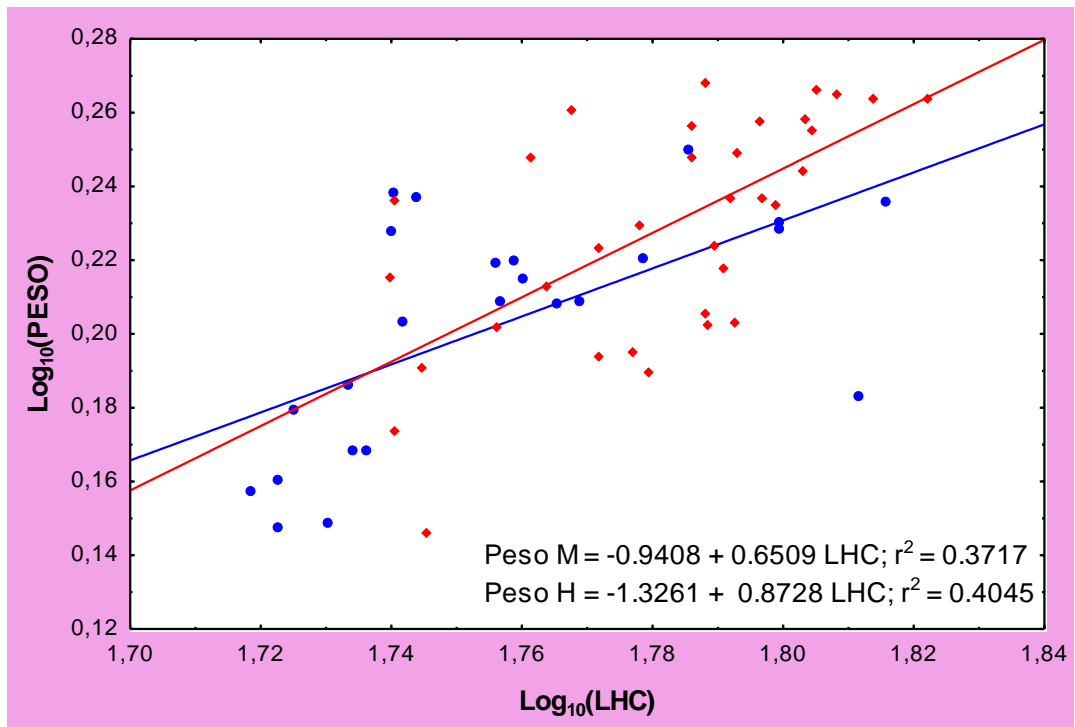
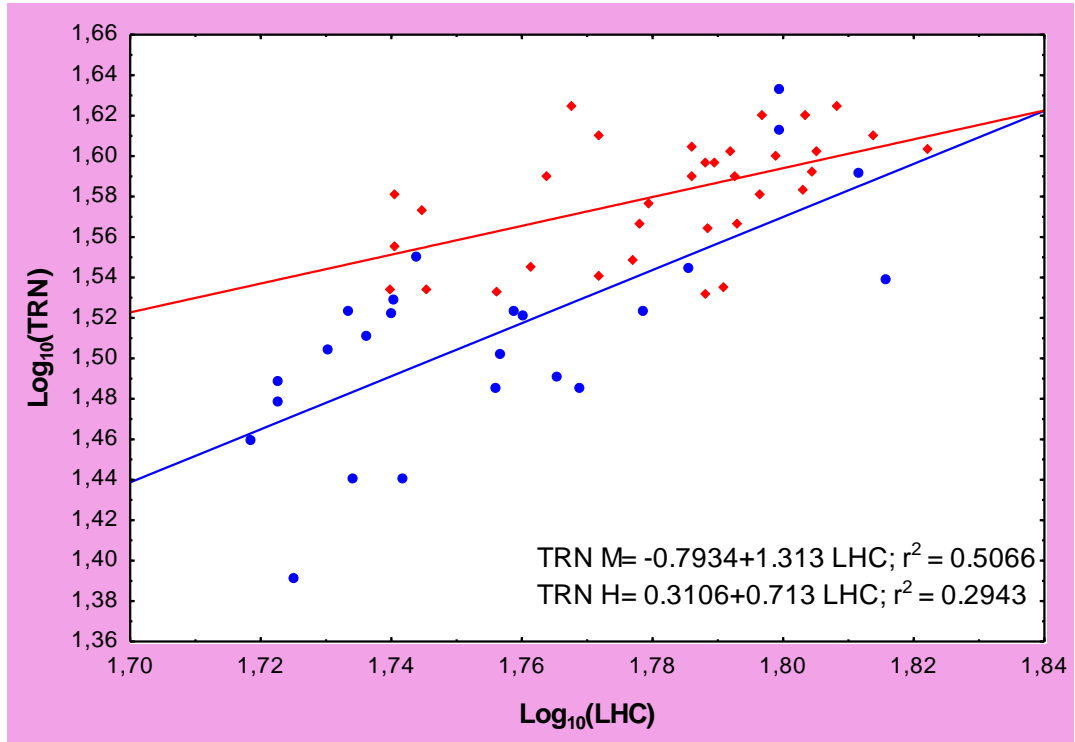


Figura 8. Regresiones lineales entre la longitud hocico-cloaca (LHC), la longitud del tronco (TRN) y el peso para hembras (rombos rojos) y machos (círculos azules) adultos de *Plestiodon lynxe*.

Discusión

Dimorfismo sexual en tamaño

El dimorfismo sexual en tamaño (DST), es un carácter ampliamente extendido en lagartijas, y puede manifestarse de diferentes maneras (Pinto *et al.*, 2005; Ribeiro *et al.*, 2010). Dentro de este grupo, es común que los machos sean más grandes que las hembras en varias familias como *Tropiduridae*, *Iguanidae*, *Varanidae* y *Teiidae* (Cox *et al.*, 2007). Mientras que, en algunas especies de géneros de *Mabuza*, *Apraisa* y *Polychrus* ocurre lo contrario, o bien muestran una variación considerable sin tendencia direccional clara como *Gekkonidae* y *Scincidae* (Cox *et al.*, 2007).

Esta variación se ve reflejada dentro del género *Plestiodon*, en donde algunas especies de este género (*P. laticeps*: Cooper & Vitt, 1993; Vitt & Cooper, 1985, *P. inexpectatus*: Vitt & Cooper, 1986, *P. chinensis*: Lin & Ji, 2000, *P. elegans*: Huang, 1996; Zhang & Ji, 2004) exhiben DST sesgado hacia los machos. Por otro lado, en especies como *P. fasciatus* (Vitt & Cooper, 1986) *P. brevirostris* (Feria-Ortiz, inédito) y *P. indubitus* (Feria-Ortiz & Lagunas, 2014) no exhiben dimorfismo sexual en el tamaño. Mientras que en *P. tamdaoensis* (Hikida *et al.*, 2001), y *P. copei* (Ramírez-Bautista *et al.*, 1996) las hembras son más grandes que los machos.

En este trabajo se encontró que las hembras de *P. lynxe*, presentan tamaños corporales más grandes que los machos, al igual que en el peso. Anderson & Vitt (1990) sugieren que las causas de dimorfismo sexual en el tamaño podría estar relacionadas con varios factores: la competencia entre los machos, la mortalidad diferencial entre sexos debido a diferencias en la longevidad, la mayor cantidad de energía asignada por las hembras para la reproducción, o que los machos son más activos, ya que necesitan buscar a las hembras y por lo tanto presentan un riesgo de depredación más grande (Verrastro, 2004; Fathinia & Rastegar-Pouyani, 2011).

En *Plestiodon lynxe*, el tamaño sesgado a las hembras puede estar relacionado con la selección de fecundidad, ya que, en la mayoría de los reptiles, el número de descendientes por camada aumenta en función del tamaño corporal de la madre, por lo que la selección en el incremento de fecundidad favorece un mayor tamaño en el cuerpo de las hembras (Fairbairn *et al.*, 2007).

En las lagartijas, la evolución de viviparidad y reducción de la frecuencia reproductiva generalmente se relaciona con cambios en el dimorfismo sexual en tamaño sesgado hacia las hembras (Cox *et al.*, 2003). Por otra parte, Fitch (1978, 1981) sugiere que esta selección debe ser particularmente intensa en especies que se reproducen infrecuentemente, como en las especies vivíparas con largos periodos de gestación o especies que habitan regiones templadas con temporadas de cría cortos. Tal es el caso de *Plestiodon lynxe*, la cual cumple con estas características.

También se debe considerar que las hembras invierten más energía en la producción de descendencia que los machos, por lo que requieren un tamaño corporal más grande, aumentando su adecuación al tener un mayor número de crías.

Dimorfismo sexual en la forma

En *Plestiodon lynxe* no solo ocurre que las hembras tengan un mayor tamaño corporal y peso que los machos, sino que también la longitud del tronco es mayor en las primeras. Este tipo de dimorfismo es común en lagartijas, incluyendo en escíncidos (Olsson *et al.*, 2002; Schwarzkopf, 2005; Ross *et al.*, 2008; Dubey *et al.*, 2011).

En el caso del género *Plestiodon*, Hikida *et al.* (2001) encontraron que en *P. tamdaoensis*, las hembras poseen una LHC mayor, así como también un mayor número de escamas paravertebrales que en los machos, argumentando que esta diferencia pudo haberse originado en virtud del alargamiento del abdomen, producto de selección por fecundidad, suponiendo que esto favorece un mayor espacio abdominal para producir camadas más grandes.

Por otra parte, los machos presentan cabezas más largas y anchas. Este tipo de dimorfismo se ha detectado en otras especies del género *Plestiodon*, tales como *P. laticeps* (Vitt & Cooper, 1985), *P. fasciatus* y *P. inexpectatus* (Vitt & Cooper, 1986), *P. egregius* (Zhang & Ji, 2004), *P. chinensis* (Lin & Ji, 2000) entre otros.

Sin embargo, a diferencia de *P. lynxe*, en las primeras tres especies la cabeza de los machos adquiere una coloración rojiza durante la época de apareamiento (Vitt & Cooper, 1986) y al menos en *P. laticeps* (Vitt & Cooper, 1985) ésta se ensancha aún más durante esta temporada.

En estas especies, el mayor tamaño de la cabeza se debe a la selección sexual. Además, esta particularidad, aunada a la agresividad de los machos observada principalmente durante la época de apareamiento, les permitió asumir que este dimorfismo es originado principalmente por selección intrasexual. A pesar de que en *P. lynxe* hay diferencias en el tamaño de la cabeza y se ha observado que los machos presentan una coloración rojiza en la gula (observación personal). No es claro si hay selección sexual, debido a que se conoce muy poco acerca de su historia natural.

El comportamiento durante el apareamiento también puede favorecer el dimorfismo sexual en el tamaño de la cabeza presente en muchas especies de *Plestiodon*. Ya que se ha observado que el macho muerde a la hembra por el torso y posteriormente ajusta y desliza la mordida hacia la nuca, permitiendo al macho sujetar firmemente a la hembra en el momento de la cópula. Varias de las especies reportadas, pertenecen a clados distintos y divergentes entre sí y, consecuentemente, se ha considerado que este comportamiento es fuertemente conservativo dentro del género (Pyron & Camp, 2007). Por lo tanto, es altamente probable que los machos de *P. lynxe*, también presenten este comportamiento durante el apareamiento.

Otros mecanismos que pueden explicar el dimorfismo sexual en el tamaño de la cabeza son, la divergencia de nicho por uso diferencial del hábitat y la disminución de la competencia intrasexual por alimento (Aguilar-Moreno *et al.*, 2010). En el primero, las especies terrestres o que tienen que usar microhábitats que dificultan el desplazamiento, han adquirido

adaptaciones que les facilita vivir en estos lugares. Las adaptaciones incluyen alargamiento del tronco, reducción de extremidades y modificaciones en la morfología de la cabeza (Barros *et al.*, 2011).

Si bien este es un tema poco estudiado, es factible asumir que en especies que viven en sitios donde el desplazamiento es dificultoso, el uso diferencial de microhábitat también puede producir diferencias sexuales en la morfología de la cabeza. Evidentemente, tiene que estudiarse apropiadamente la relevancia del uso de microhábitat en *P. lynxe*.

Por otra parte, varios autores han sugerido que las diferencias en la dieta entre machos y hembras pueden favorecer el dimorfismo sexual en el tamaño de la cabeza y la mandíbula de los reptiles (Shine, 1989; Anderson & Vitt, 1990). Se ha documentado que *P. lynxe* se alimenta de artrópodos, sin embargo, no existen estudios que comparen la dieta entre los sexos, por lo tanto, se desconoce si las diferencias sexuales en la alimentación existen en esta especie.

Alometría

El patrón del crecimiento alométrico del largo de la cabeza es ligeramente diferente del ancho de la cabeza. La pendiente que relaciona este carácter con el LHC, es más empinada en machos que en hembras (Fig. 8), lo que sugiere que a medida que crecen las lagartijas, el largo de la cabeza tiende a crecer más rápido en los machos, una relación que es común en los escincos del género *Plestiodon* (Vitt & Cooper, 1986; Griffith, 1991).

Ambos sexos mostraron un crecimiento alométrico negativo en el largo de la cabeza, es decir un crecimiento lento en relación al aumento del tamaño corporal (LHC). Los organismos juveniles también presentaron crecimiento alométrico negativo, sin embargo, la relación de cocientes de porcentajes en el tamaño de la cabeza, sugiere que el crecimiento de la cabeza tiende a disminuir menos en los machos conforme alcanzan la madurez sexual.

Por otra parte, el ancho de la cabeza y el largo del tronco presentan crecimiento isométrico tanto para adultos como juveniles, por lo cual, el dimorfismo en el ancho de la cabeza se

adquiere durante la madurez sexual, mientras que en el largo del tronco, la relación de cocientes del tamaño del tronco, indicó que esta variable se adquiere antes de la madurez, pero se acentúa cuando llegan a la edad adulta.

El peso corporal, presento un crecimiento alométrico positivo en los juveniles (fig.6), mientras que en los adultos (fig.8) fue isométrico en donde la pendiente fue levemente mayor en hembras, por lo que el peso aumenta con mayor rapidez conforme al crecimiento del tamaño corporal. Por último, las pendientes sugieren que las diferencias sexuales se adquieren antes de la madurez sexual. (Fig. 6 y 8).

Conclusión

Plestiodon lynxe mostró un claro dimorfismo sexual en el tamaño y forma del cuerpo, en donde los machos tienen cabezas más largas y anchas que las hembras, mientras que las hembras presentan troncos más largos. El dimorfismo sexual en tamaño está sesgado hacia las hembras, siendo en promedio 6% más grandes que los machos.

En las crías, las diferencias sexuales en el ancho de la cabeza no están presentes, sugiriendo que el dimorfismo surge durante la madurez sexual y se acentúa con la edad. Sin embargo, en las demás medidas morfométricas se mostró bimodalidad, por lo cual, no está claro si existe la presencia de dimorfismo en estas variables.

Por otra parte, los análisis de alometría muestran que existe un crecimiento diferencial que da origen al dimorfismo sexual en la especie. Este crecimiento a su vez, es distinto tanto en adultos como en juveniles. El tamaño de la cabeza en los adultos tiende a crecer un poco más rápido en los machos, mientras que en las hembras el crecimiento es más rápido en el largo del tronco y por ende, el incremento de su peso también es mayor.

Es posible que muchos de estos rasgos analizados hayan surgidos mediante selección natural, selección por fecundidad y selección sexual. Sin embargo, la historia natural de *P. lynxe* es poco conocida en comparación con otras especies de *Plestiodon*. Por lo tanto, es necesario realizar estudios adicionales de su dieta, así como de comportamiento social y reproductivo con el fin de esclarecer las causas del dimorfismo sexual en esta especie.

Bibliografía

- Aguilar-Moreno, M., F. J. Rodríguez-Romero, A. Aragón-Martínez, J. A. Muñoz-Manzano, G. Granados-González & O. Hernández-Gallegos. 2010. Dimorfismo sexual de *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae) en el sur del Estado de México, México. Revista Chilena de Historia Natural 83(4): 585-592.
- Anderson, R. A. & L. J. Vitt. 1990. Sexual selection versus alternative causes of sexual dimorphism in teiid lizards. *Oecologia* 84(2): 145-157.
- Barros, F. C., A. Herrel & T. Kohlsdorf. 2011. Head shape evolution in Gymnophthalmidae: does habitat use constrain the evolution of cranial design in fossorial lizards? *Journal of Evolutionary Biology* 24: 2423-2433.
- Carothers, J. H. 1984. Sexual selection and sexual dimorphism in some herbivorous lizards. *The American Naturalist* 124(2): 244-254.
- Cooper, JR W. E. & L. J. Vitt. 1993. Female mate choice of large male broad-headed skinks. *Animal Behaviour* 45(4): 683-693.
- Cox, R. M., S. L. Skelly & H. B. John-Alder. 2003. A comparative test of adaptive hypotheses for sexual size dimorphism in lizards. *Evolution* 57: 1653–1669.
- Cox, R. M., M. A. Butler & H. B. John-Alder. 2007. The evolution of sexual dimorphism in reptiles. Chapter 4 in *Sex, Size & Gender Roles: Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism*. Edited by D.J. Fairbairn, W.U. Blanckenhorn, and T. Szekely. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Darwin, C.R. 1871. *The descent of man, and selection in relation to sex*. John Murray. London. Vol. 1. 688 pp.

- Dubey, S., M. Chevalley & R. Shine. 2011. Sexual dimorphism and sexual selection in a montane scincid lizard (*Eulamprus leuraensis*). *Austral Ecology* 36(1): 68-75.
- Fairbairn, D.J., W.U. Blanckenhorn & T. Szekely. 2007. *Sex, Size, and Gender Roles: Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Fathinia, B. & N. Rastegar-Pouyani. 2011. Sexual dimorphism in *Trapelus ruderatus ruderatus* (Sauria: Agamidae) with notes on the natural history. *Amphib Reptile Conserv* 5: 15–22.
- Feria-Ortiz, M. & A.I. Lagunas-Cortés. 2014. Dimorfismo sexual en tamaño y forma corporal en la lagartija vivípara *Plestiodon indubitus*. En: *Memorias de la XIII Reunión Nacional de Herpetología*. Aguascalientes, Aguascalientes. 46 pp.
- Fitch, H. S. 1970. Reproductive cycles of lizards and snakes. *University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publications* 52: 1-247.
- Fitch, H.S. 1978. Sexual size differences in the genus *Sceloporus*. *The University of Kansas Science Bulletin* 51: 441-461.
- Fitch, H.S. 1981. Sexual size differences in reptiles. *University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publications* 70: 1-72.
- García, E. 2004. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Serie Libros, núm. 6, Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Griffith, H. 1991. Heterochrony and evolution of sexual dimorphism in the *fasciatus* group of the scincid genus *Eumeces*. *Journal of Herpetology* 25: 24.
- Guillette, L. J. 1982. The evolution of viviparity and placentation in the high elevation Mexican lizard *Sceloporus aeneus*. *Herpetologica* 38(1): 94-103.

- Guillete, L. J. 1983. Notes concerning reproduction of the montane skink, *Eumeces copei*. *Journal Herpetology* 17(2): 144-148.
- Guillete, L. J. & D. A. Bearce. 1986. The reproductive and fat body cycle in the lizard, *Sceloporus grammicus disparilis*. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 89(1/2): 31-39.
- Guillete, L. J. & F. R. Méndez-De la Cruz. 1993. The reproductive cycle of the viviparous Mexican Lizard *Sceloporus torquatus*. *Journal of Herpetology* 27(2): 168-174.
- Hedrick, A. V. & E. T. Temeles. 1989. The evolution of sexual dimorphism in animals: hypotheses and tests. *Trends in Ecology & Evolution* 4(5): 136-138.
- Hikida T., M. W. N. Lau & H. Ota. 2001. A New record of the vietnamese five-lined skink, *Eumeces tamdaoensis* (Reptilia: Scincidae), from Hong Kong, China, with special reference to its sexual dimorphism. *The Natural History Journal of Chulalong korn University* 1(1): 9-13.
- Huang, W. S. 1996. Sexual size dimorphism in the five-striped blue-tailed skink, *Eumeces elegans*, with notes on its life history in Taiwan. *Zoological Studies*, 35 (3): 188-194.
- Ji, X., L. H. Lin, C. X. Lin, Q. B. Qiu & Y. Du. 2006. Sexual Dimorphism and female Reproduction in the Many-Lined Sun Skink (*Mabuya multifasciata*) from China. *Journal of Herpetology* 40 (3): 351-357.
- John-Alder, H. B., R. M. Cox & E. N. Taylor. 2007. Proximate developmental mediators of sexual dimorphism in size: case studies from squamate reptiles. *Integrative and Comparative Biology* 47(2): 258-271.
- Kuo, C. Y., Y. T. Lin & Y. S. Lin. 2009. Sexual size and shape dimorphism in an Agamid lizard, *Japalura swinhonis* (Squamata: Lacertilia: Agamidae). *Zoological Studies* 48(3): 351-361.

- Laspiur, A. & J. C. Acosta. 2007. Dimorfismo sexual de *Liolaemus cuyanus* Cei & Scolaro, 1980 (Iguania: Liolaemidae) en una población de San Juan, Argentina. *Revista Peruana de Biología* 14(1): 47-50.
- Lin, Z. H. & X. Ji. 2000. Food habits, sexual dimorphism and female reproduction of the skink (*Eumeces chinensis*) from a Lishui population in Zhejiang. *Acta Ecologica Sinica* 20(2):304-310.
- McBrayer, L. D. & R. A. Anderson. 2007. Sexual size dimorphisms and bite force in the Northern alligator lizard, *Elgaria coerulea*. *Journal of Herpetology* 41: 554-559.
- Olsson, M., R. Shine, E. Wapstra, B. Ujvari & T. Madsen. 2002. Sexual dimorphism in Lizard Body Shape: The Roles of Sexual Selection and Fecundity Selection. *Evolution* 56 (7): 1538-1542.
- Perry, G. 1996. The evolution of sexual dimorphism in the lizard *Anolis polylepsis* (Iguania): evidence from intraspecific variation in foraging behavior and diet. *Canadian Journal of Zoology* 74(7): 1238-1245.
- Pinto, A. C. S., H. C. Wiederhecker & G. R. Colli. 2005. Sexual dimorphism in the Neotropical lizard, *Tropidurus torquatus* (Squamata: Tropiduridae). *Amphibia-Reptilia* 26 (2): 127-137.
- Pyron, R. A. & 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., L. J. Guillette Jr, G. Gutierrez-Mayén & Z. Uribe-Peña. 1996. Reproductive cycle of the lizard *Eumeces copei* (Lacertilia: Scincidae) from the Eje Neovolcánico, México. *The Southwestern Naturalist* 41(2):103-110.

- Ramírez-Bautista, A., J. Barba-Torres & A. J. Vitt. 1998. Reproductive Cycle and Brood Size of *Eumeces lynxe* from Pinal de Amoles, Querétaro, México. *Journal of Herpetology*, 32(1): 18-24.
- Ribeiro, L. B., M. F. Kolodiuk & E. M. X. Freire. 2010. Ventral Colored Patches in *Tropidurus semitaeniatus* (Squamata, Tropiduridae): Sexual Dimorphism and Association with Reproductive Cycle. *Journal of Herpetology* 44(1): 177-182.
- Ross, T. N., A. P. Pernetta, C. G. Jones & D. J. 2008. Sexual size dimorphism and microhabitat use of the orange-tail skink (*Gongylomorphus spp.*) on Flat Island, Mauritius: conservation implications. *Amphibia-Reptilia* 29(3): 349-359.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu, & T. Taniuchi. 1993. Exploring the shape of univariate data using Kernel density estimators. *Stata Technical Bulletin* 16: 8-19.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu, & T. Taniuchi. 1995a. ASH, WARPing, and Kernel density estimation for univariate data. *Stata Technical Bulletin* 26: 2-10.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu, & T. Taniuchi. 1995b. Practical Rules for bandwidth selection in univariate density estimation. *Stata Technical Bulletin* 27: 5-19.
- Salgado-Ugarte, I. H. 2002. Suavización No Paramétrica para Análisis de Datos. F.E.S. Zaragoza U.N.A.M. 139 pp.
- Salgado-Ugarte, I. H. 2013. Métodos estadísticos exploratorios y confirmatorios para análisis de datos. Un enfoque biométrico. Libro de texto, F.E.S. Zaragoza y DGAPA (PAPIME PE205407), U.N.A.M., 307 p. (14 capítulos, 2 apéndices). I.S.B.N. 978-607-02-3590-0.
- Santana, GG., A. Vasconcellos, YEA. Gadelha, WLS. Vieira, WO. Almeida, RP. Nóbrega & RRN. Alves. 2010. Feeding habits, sexual dimorphism and size at maturity of the lizard

Cnemidophorus ocellifer (Spix, 1825) (Teiidae) in a reforested restinga habitat in northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 70(2): 409-416.

- Schaefer, G. C. & C. E. Roeding. 1973. Evidence for vaginal sperm storage in the mole skink, *Eumeces egregius*. *Copeia* 2: 346-347.
- Schwarzkopf, L. 2005. Sexual dimorphism in body shape without sexual dimorphism in body size in water skinks (*Eulamprus quoyii*). *Herpetologica* 61(2): 116–123.
- Shine, R. 1989. Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: A review of the evidence. *Quarterly Review of Biology* 64(4): 419-461.
- Smith, H. M. & E. H. Taylor. 1966. *Herpetology of Mexico: Annotated Checklists and Keys to the Amphibians and Reptiles*. A reprint of *Bulletins* 187, 194 y 199. Eric Lundberg. Ashton, Maryland. 253 pp.
- Smith, H. y R. Smith. 1976. *Synopsis of the Herpetofauna of Mexico*. Vol. IV. Source analysis and index for Mexican reptiles. John Johnson. North Bennington, Vermont. EUA. 260 pp.
- Stamps, J. A. 1983. Sexual selection, sexual dimorphism and territoriality. En: Huey R.B., E. R. Pianka & T. W. Schoener (eds) *Lizard ecology: Studies of a model organism*: 169-204. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Taylor, E. H. 1943. Mexican Lizards of the Genus *Eumeces*, with Comments on the Recent Literature on the Genus. *The University of Kansas Science Bulletin*. 29(5):269-300.
- Thompson, G.G. & P.C. Withers. 2005. Size-free shape differences between male and female Western Australian dragon lizards (Agamidae). *Amphibia-Reptilia* 26(1): 55-63.

- Trivers, R .L. 1972. Parental investment and sexual selection. En: Campbell B (ed) Sexual selection and descent of man: 1871-1971: 136-207. Aldine Publishing Company, Chicago, USA.
- Uribe-Peña, Z., A. Ramírez-Bautista, & G. Casas-Andreu. 1999. Anfibios y Reptiles de las Serranías del Distrito Federal. Cuaderno 32. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 110 pp.
- Verrastro, L. 2004. Sexual dimorphism in *Liolaemus occipitalis* (Iguania, Tropiduridae). Iheringia Ser Zool Porto Alegre 94: 45–48.
- Vitt, L. J. & W. E. Cooper JR. 1985. The evolution of sexual dimorphism in the skink *Eumeces laticeps*: an example of sexual selection. *Canadian Journal of Zoology* 63(5): 995-1002.
- Vitt, L. J. & W. E. Cooper JR. 1986. Skink reproduction and sexual dimorphism: *Eumeces fasciatus* in the Southeastern United States, with notes on *Eumeces inexpectatus*. *Journal of Herpetology* 20(1):65-76.
- Webb, R. G. 1968. The Mexican skink *Eumeces lynxe* (Squamata, Scincidae). *Publications of the Museum, Michigan State University, Biological Series* 4(1): 1-28.
- Wiegmann, A. F .A. 1834. *Herpetologia Mexicana, seu descriptio amphibiorum novae hispaniae ,quae itineribus comitis de Sack, Ferdinandi Deppe et Chr. Guil. Schiedeim Museum Zoologicum Berolinense Pervenerunt. Pars prima, saurorum species. Berlin, Lüderitz IV: 1-54.*
- Zhang, Y. P. & X. Ji. 2004. Sexual dimorphism in head size and food habits in the blue-tailed skink *Eumeces elegans*. *Acta Zoologica Sinica* 50:745-752.