



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

ECOLOGÍA

VARIACIÓN INTERPOBLACIONAL EN EL DIMORFISMO SEXUAL DE

Plestiodon indubitus.

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

ISAAC EMMANUELL DIAZ ORTEGA

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: Dr. Manuel Feria Ortiz

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.

COMITÉ TUTOR: Dr. Adrián Nieto Montes de Oca

Facultad de Ciencia, UNAM.

Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.

CD. MX.

SEPTIEMBRE, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



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

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

ECOLOGÍA

VARIACIÓN INTERPOBLACIONAL EN EL DIMORFISMO SEXUAL DE

Plestiodon indubitus.

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

ISAAC EMMANUELL DIAZ ORTEGA

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: Dr. Manuel Feria Ortiz

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.

COMITÉ TUTOR: Dr. Adrián Nieto Montes de Oca

Facultad de Ciencia, UNAM.

Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.

MÉXICO, CD. MX. SEPTIEMBRE, 2019

OFICIO CPCB/885/2019

Asunto: Oficio de Jurado para Examen de Grado.

M. en C. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que el Subcomité de Biología Evolutiva, Ecología, Manejo Integral de Ecosistemas y Sistemática, del Posgrado en Ciencias Biológicas, en su sesión ordinaria del día 11 de marzo del 2019, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** del alumno, **DÍAZ ORTEGA ISAAC EMMANUELL** con número de cuenta **412116849** con la tesis titulada "**Variación interpoblacional en el dimorfismo sexual de *Plestiodon indubitus*,**"realizada bajo la dirección del Tutor Principal: **DR. MANUEL FERIA ORTIZ:**

Presidente: DR. FAUSTO ROBERTO MÉNDEZ DE LA CRUZ
Vocal: DR. HIBRAIM ADÁN PÉREZ MENDOZA
Secretario: DR. ADRIÁN NIETO MONTES DE OCA
Suplente: DR. JOSÉ JAIME ZUÑIGA VEGA
Suplente: DR. GUILLERMO ALFONSO WOOLRICH PIÑA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., a 21 de agosto de 2019.


DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA
COORDINADOR DEL PROGRAMA



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a)

COORDINACIÓN DEL POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
UNIDAD DE POSGRADO

Edificio D, 1º Piso. Circuito de Posgrados, Ciudad Universitaria
Alcaldía Coyoacán. C. P. 04510 CDMX
Tel. (+5255)5623 7002 <http://pcbiol.posgrado.unam.mx/>

Agradecimientos institucionales

Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México por ser pilar fundamental en mi formación académica.

Agradezco al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (número de becario 824148) por proporcionarme el apoyo económico indispensable para realizar mis estudios y esta investigación.

Agradezco a mi tutor principal, el doctor Manuel Feria Ortiz, y a mi comité tutor, los doctores Adrián Nieto Montes de Oca e Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte, por la tutela durante la elaboración de este trabajo.

Agradecimientos a título personal

A mis sinodales, los doctores Fausto Méndez, Hibraim Pérez, Adrián Nieto, José Zúñiga y Guillermo Woolrich por sus críticas a este trabajo que son lo que me permite mejorar.

A el Doc. (Feria) por su valiosa amistad y sus consejos durante todo el proceso de mi formación académica.

A todos los profesores del posgrado que tuve la fortuna de conocer durante esta travesía, una pequeña parte estará siempre conmigo.

A mi familia, Claudia y Viri, Jacobo y Noe, Señora Celia y Señor German, Analie y Jesús y a Jaime y Jael, atesoró en cada momento su apoyo incondicional.

A mis amigos de universidad y preparatoria.

Dedicatoria

A las mujeres más importantes de mi vida, a mi madre Leticia y a mi prometida Dafne. Cada que algún sentimiento me abrumba siempre puedo encontrar serenidad en sus recuerdos. Son mi inspiración, las amo.

“Yo sólo pasé por aquí”

Contenido

Índice	
Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Dimorfismo sexual	3
Variación geográfica en el dimorfismo sexual	4
Antecedentes	6
Acerca de <i>Plestiodon indubitus</i>	6
Justificación	7
Hipótesis	8
Objetivos	8
Método	9
Áreas de estudio	9
Descripción de la especie	12
Búsqueda de organismos	12
Dimorfismo sexual	13
Relaciones alométricas	14
Variación geográfica en el dimorfismo sexual: tamaño corporal	14
Variación geográfica en el dimorfismo sexual: forma del cuerpo	15
Resultados	16
Dimorfismo sexual	16
Análisis alométricos	24
Variación geográfica	32
Discusión	36
Conclusiones	41
Referencias	42

Resumen

El dimorfismo sexual es una propiedad común en animales. Las diferencias entre los sexos pueden presentarse en el tamaño, la forma del cuerpo y/o la coloración. Puede ser explicado a través de causas próximas, como la selección sexual, y/o causas últimas como las trayectorias de crecimiento de partes corporales. El dimorfismo sexual no es una característica fija, incluso si se indaga dentro de una misma especie. Debido a que los caracteres sexualmente dimórficos son sensibles a las presiones selectivas, la variación geográfica de las condiciones ambientales puede reflejarse en diferencias poblacionales en el dimorfismo sexual en la forma del cuerpo.

Se examinó el dimorfismo sexual en tamaño y forma de dos poblaciones de la lagartija vivípara *Plestiodon indubitus*. Estas se encuentran en condiciones ambientales opuestas entre sí. Se examinaron 57 hembras y 38 machos para Tres Marías, Morelos y 55 hembras y 29 machos para Landa, Guerrero. A cada individuo de *P. indubitus* se le registró la longitud hocico cloaca, el ancho de la cabeza, el largo de la cabeza, la longitud del tronco y el peso.

En ambas poblaciones no se registró dimorfismo sexual en el tamaño corporal. Sin embargo, el ancho y largo de la cabeza es mayor en machos que en hembras, la longitud del tronco es mayor en hembras que en machos y solo en Tres Marías los machos fueron más pesados que las hembras. En todas las partes corporales analizadas en este estudio, las diferencias sexuales se deben a trayectorias de crecimiento distintas entre sexos.

El grado y la modalidad del dimorfismo sexual fue igual en ambas poblaciones para la longitud hocico cloaca, el ancho y largo de la cabeza y la longitud del tronco. Solo se reportó variación geográfica en la modalidad del dimorfismo sexual para el peso.

Es común que la dirección y la modalidad del dimorfismo sexual sean constantes dentro de las poblaciones de la misma especie. A pesar de los climas son contrastantes entre ambas poblaciones, es posible que debido a los hábitos secretivos y al microhábitat compartido en ambas poblaciones el dimorfismo sexual se mantenga constante.

Adicional a los objetivos de este trabajo se reporta variación geográfica en el tamaño corporal en *P. indubitus*. Los organismos encontrados en Tres Marías son más grandes que los encontrados en Landa. En ambas poblaciones las hembras son más grandes que los machos. Los organismos de Landa son más pequeños que los machos de Tres Marías. Este grado de variación intraespecífica es muy llamativo.

Abstract

Sexual dimorphism is a common property in animals. Differences between the sexes can occur in size, body shape and / or coloration. It can be attributed to ultimate causes, such as sexual selection, and / or proximate causes such as growth trajectories of body parts. Sexual dimorphism is not a fixed characteristic, even if it is investigated within the same species. Because sexually dimorphic characters are sensitive to selective pressures, the geographical variation of environmental conditions can be reflected in different populations in sexual dimorphism in body shape.

Sexual dimorphism in size and shape of two populations of the viviparous lizard *Plestiodon indubitus* was examined. These are in opposite environmental conditions. 57 females and 38 males were examined for Tres Marías, Morelos and 55 females and 29 males for Landa, Guerrero. Everyone of *P. indubitus* is recorded snout-vent length, head width, head length, trunk length and weight.

In both populations there was no sexual dimorphism in body size. However, the width and length of the head is larger males than females, the length of the trunk is larger females than males and only in Tres Marias males were heavier than females. In all the body parts analyzed in this study, sexual differences are due to different growth paths between sexes.

The degree and modality of sexual dimorphism was the same in both populations for snout-vent length, head width and length, and trunk length. Only geographical variation in the modality of sexual dimorphism for weight was reported.

It is common for the direction and modality of sexual dimorphism to be constant within populations of the same species. Although the climates are contrasting between both populations, it is possible that due to the secretive habits and the shared microhabitat in both populations the sexual dimorphism remains constant.

In addition to the objectives of this work, geographical variation in body size reported in *P. indubitus*. The organisms found in Tres Marías are larger than those found in Landa. In both populations, females are larger than males. Landa's organisms are smaller than the males of Tres Marías. This degree of intraspecific variation is very striking.

Introducción

Dimorfismo sexual

El dimorfismo sexual es una propiedad de plantas y animales donde ambos sexos de una especie difieren en morfología y/o coloración (Andersson, 1994). Esta propiedad es muy común en muchos grupos animales, como en aves (Székely *et al.*, 2007), mamíferos (Ralls, 1997), invertebrados (Esperk *et al.*, 2007) y reptiles (Cox *et al.*, 2007). Las diferencias morfológicas pueden expresarse de dos formas sin ser mutuamente excluyentes: en tamaño y en la forma del cuerpo. Dos de los elementos corporales más consistentes en la presencia de dimorfismo sexual son el tamaño de la cabeza y el tamaño del tronco (Vitt y Cooper, 1985).

El dimorfismo sexual puede ser explicado a través de causas próximas (Cox *et al.*, 2003) y causas últimas (Fairbairn, 1997). Las investigaciones relacionadas con el dimorfismo sexual típicamente hacen referencia a tres causas últimas (Katsikaros y Shine, 1997). Estas son competencia alimenticia, selección por fecundidad y selección sexual. Tanto la competencia alimenticia como la selección por fecundidad son propiciadas por la selección natural. La primera produce divergencia de caracteres y subsecuentemente segregación de los sexos para la explotación alimenticia (Schoener, 1967) y la otra favorece el aumento del espacio corporal disponible para la producción de crías (Olsson *et al.*, 2002).

Competencia alimenticia. Una de las causas de divergencia morfológica es la adaptación de cada sexo a un sub-nicho alimenticio diferente (Shine, 1991). Darwin (1874) relacionó la diferencia entre los sexos con la disponibilidad de alimento. Esta segregación en los sexos puede darse por la reducción de la competencia intersexual (el sexo más grande explota un nicho alimenticio diferente, Schoener, 1967), las necesidades metabólicas (diferencias en la selección de presas, Houston y Shine, 1993) y por competencia intersexual (combate entre sexos por el recurso energético (Akin, 1997).

Selección por fecundidad. En reptiles, es común que las hembras tengan troncos más grandes en comparación a los machos. (Olsson y Madsen, 1998). Los troncos más grandes en las hembras se han asociado a la ventaja que conlleva tener más espacio para contener embriones (Andersson, 1994). Estas diferencias sexuales son atribuidas al modo en el cual la morfología afecta la adecuación del organismo (Andersson, 1994).

Selección sexual. Un número elevado de estudios (Moore, 1990; Kratochvíl y Frynta, 2002; Hernández-Salinas *et al.*, 2010) concuerda en que el agente principal del surgimiento, mantenimiento y cambios en el dimorfismo sexual de un taxón es la selección sexual. Esto fue propuesto por Darwin (1874) quién planteó que las diferencias sexuales son propiciadas por competencia entre individuos del mismo sexo por un recurso reproductivo. Propone dos mecanismos de selección sexual: (i) combate entre machos y (ii) selección femenina.

Las causas próximas como las diferencias sexuales en la tasa de depredación, el desfase en la edad a la cual se alcanza la madurez sexual, la concentración de la hormona del crecimiento y en la asignación de recursos energéticos para la reproducción son alternativas ecológicas de las causas del dimorfismo en tamaño (John-Alder *et al.*, 2007). En cuanto al dimorfismo en la forma corporal una de las causas próximas más frecuentes son las diferencias sexuales en las trayectorias de crecimiento de partes corporales particulares (Butler y Losos, 2002).

Variación geográfica en el dimorfismo sexual

El dimorfismo sexual no es una característica fija, incluso si se indaga dentro de una misma especie. Cox *et al.*, (2007) señalan la existencia de variación clinal en el dimorfismo sexual de tamaño corporal en función de la altitud y la latitud. En contra parte, Forsman (1991) menciona que el tamaño de presa puede estar influyendo en la variación geográfica del dimorfismo sexual en tamaño corporal. Se puede observar que los factores bióticos y abióticos pueden influir en la variación geográfica del dimorfismo sexual. Sin embargo, las presiones de selección que favorecen esta variación son poco conocidas (Ralls y Harvey, 1985). Esto es de mucho interés debido a que el dimorfismo sexual en tamaño influye en la adaptación de los individuos (Stillwell y Fox, 2009).

La observación de la variación geográfica en el dimorfismo sexual en tamaño llevo a plantear la “regla de Rensch”. Esta indica una relación entre el grado del dimorfismo sexual en tamaño corporal y el tamaño corporal. Rensch (1960) postuló que en las especies donde el macho es más grande que la hembra, el dimorfismo sexual en tamaño corporal es más acentuado conforme aumenta el tamaño promedio de la especie (hiperalometría); mientras que en especies donde las hembras son el sexo más grande, el dimorfismo sexual es más conspicuo mientras más pequeña es la especie (hipoalometría). Estudios con animales domésticos (Pearson *et al.*, 2002; Herczeg *et al.*, 2010) y salvajes (Polák y Frynta, 2010; Frynta *et al.*, 2012) han demostrado que la variación interoblacional no suele cumplir con esta regla.

Es frecuente que se hagan dos supuestos acerca de la variación del dimorfismo sexual en tamaño: (i) el grado de dimorfismo sexual en tamaño sesgado hacia los machos aumenta con el grado de la poliginia y disminuye cuando las hembras son el sexo de mayor tamaño (Clutton-Brock *et al.*, 1977), y (ii) las especies más grandes son más dimórficas que las especies pequeñas (Ralls, 1976). Sin embargo, su cumplimiento no es general. Forsman (1991) indica que no hay relación entre el grado de dimorfismo sexual y el tamaño del macho. Por otra parte, (Johnston y Selander, 1973) señalan que el grado de dimorfismo sexual no depende del tamaño del taxón.

Se puede advertir que el tamaño corporal es muy importante para el entendimiento del dimorfismo sexual en tamaño. La “regla de Bergmann” propone una relación directamente proporcional entre la latitud y el tamaño corporal (Bergmann, 1847). Esto es, el tamaño corporal aumentará mientras la latitud aumente (y la temperatura disminuya), como una compensación de la tasa

metabólica de los organismos provocada por la temperatura (Makarieva *et al.*, 2005). Aun cuando esta regla trata de describir un patrón, esta no es por completo aplicable para todos los taxones, particularmente a los ectotermos (Meiri y Thomas, 2007). La propuesta y estudio de esta regla en ectotermos tiene dos posturas, por un lado, se postula que los ectotermos sí cumplen esta regla (Lindsey 1966; Atkinson y Sibly 1997) y en otros se sugiere lo contrario (Cowles, 1945; Mousseau, 1997).

La postulación de reglas parte de la descripción de un fenómeno a gran escala. Sin embargo, una visión de un universo más estrecho, enfocado en algún otro tema de interés puede tener una utilidad importante. Por ejemplo, han realizado comparaciones del dimorfismo sexual en la forma corporal entre taxones (Sullivan, 1991). Si bien, existen herramientas adecuadas para controlar el efecto filogenético, comparaciones entre poblaciones aisladas de una misma especie minimizan el efecto determinante de la filogenia. A pesar de que estas poblaciones puedan tener cambios únicos, debido a su cercanía es posible que se compartan aún las causas que originaron el dimorfismo sexual (McCoy *et al.*, 1994).

Es relativamente reciente el interés en la variación interpoblacional del dimorfismo sexual en la forma del cuerpo (McCoy *et al.*, 1994; Ritke y Kennedy, 1993; Sikes y Kennedy, 1993). Debido a que los caracteres sexualmente dimórficos son sensibles a las presiones selectivas, la variación geográfica de las condiciones ambientales puede reflejarse en diferencias poblacionales en el dimorfismo sexual en la forma del cuerpo (McCoy *et al.*, 1994). A pesar de que pueda resultar lógico este tipo de inferencias, no se puede afirmar el motivo por el cual se puede observar variación geográfica en la modalidad del dimorfismo sexual.

Slatkin (1984) señala que el dimorfismo sexual puede evolucionar o mantenerse debido a fuerzas ecológicas. Estas son las distintas condiciones geográficas, climáticas y de hábitat en las cuales se establecen las diferentes poblaciones. Estudios posteriores con coleópteros (Stillwell *et al.*, 2007), serpientes (Angarita-Sierra, 2009) y tortugas (Lovich *et al.*, 1998) apoyan la idea de que los elementos ecológicos, tales como la disponibilidad de alimento, la tasa de depredación, la oferta térmica, etc., son los principales causantes de esta variación interpoblacional.

Por otra parte, Sikes y Kennedy (1993) mencionan que la variación geográfica en el dimorfismo sexual de la forma corporal se debe a diferencias en la intensidad con la cual la selección sexual opera en las poblaciones. Ellos observaron que la variación registrada entre poblaciones se debe a la intensidad con la cual los machos compiten entre sí. Asimismo, indican que cada parte corporal es independiente de otra, de tal forma que, una estructura puede estar influenciada por un mecanismo, y este a su vez, no afecta a otras partes del cuerpo.

Esto sugiere que el patrón observado en una especie se mantiene constante si el mismo mecanismo está operando en las poblaciones. También se entiende

que la variación en la expresión de caracteres dimórficos se debe a la presencia, ausencia o sustitución de los mecanismos que provocan dimorfismo sexual. La variación en el grado y la modalidad del dimorfismo sexual en la forma del cuerpo ha sido llamada “patrón en mosaico de dimorfismo sexual” (McCoy *et al.*, 1994). Esta perspectiva ayuda a visualizar una gran dinámica en los mecanismos que propician el dimorfismo sexual.

Antecedentes

Acerca de *Plestiodon indubitus*

Poco se conoce acerca de la ecología de *Plestiodon indubitus*. En un estudio realizado en Huitzilac, estado de Morelos (Lagunas-Cortez, 2014), se reporta que los machos tienen mayor longitud en la cola, longitud y ancho de la cabeza que las hembras, mientras que las hembras tienen una mayor longitud del tronco que los machos. No se reporta dimorfismo sexual en tamaño corporal. Se documenta la talla a la cual se alcanza la madurez sexual, siendo 56 mm para machos y 58 mm para hembras.

Lagunas-Cortez (2014) también describe el ciclo reproductivo de *P. indubitus* en el estado de Morelos y Vázquez-Trejo (2018) hace lo propio en una población de Taxco, estado de Guerrero. Se puede observar que el ciclo reproductivo se realiza en menos tiempo en la población de Guerrero. Asimismo, se destaca que los individuos de esta población alcanzan la madurez sexual a tallas menores (hembras: 50.4mm; machos: 49.2 mm).

En cuanto al resto de las especies del grupo *Plestiodon brevirostris* (Feria-Ortiz, 2011) también falta información acerca de su ecología. En *P. copei* (Ramirez-Bautista *et al.*, 1996) y en *P. lynxe* (Leal-Villanueva, 2016) se reporta que las hembras tienen mayor longitud corporal que los machos. Por otra parte, en *P. brevirostris* (Camacho-Téllez, datos no publicados) no se reportan diferencias en la longitud corporal entre sexos.

La dirección (qué sexo es más grande) del dimorfismo sexual es heterogénea en el género *Plestiodon*. En *P. tamdaoensis* (Hikida *et al.*, 2001) el dimorfismo sexual en tamaño corporal es sesgado hacia las hembras. Por otra parte, en *P. laticeps*, *P. inexpectatus* (Griffith, 1991), *P. chinensis* (Lin y Ji, 2000) y *P. elegans* (Zhang y Ji, 2004) se encuentra sesgado hacia los machos. Finalmente, en *P. fasciatus* (Griffith, 1991) no hay diferencias entre sexos en el tamaño del cuerpo.

Justificación

La mayoría de las especies del grupo *P. brevirostris* se pueden encontrar en microambientes similares. Temporalmente se refugian debajo de rocas, corteza y objetos pobremente cimentados en el suelo. Debido a su comportamiento es muy difícil verlas en actividad. Llama la atención que a pesar de la similitud en sus hábitats exista amplia variación en el dimorfismo sexual de partes corporales con relevancia ecológica (ancho y largo de la cabeza y tamaño del tronco). En la actualidad, no se han realizado estudios evolutivos y muy poco conocemos de la ecología de estas especies

A pesar de la poca información disponible acerca de la ecología del grupo *P. brevirostris*, *P. indubitus* es un buen modelo para investigar el dimorfismo sexual. Esto se debe a que estudios previos han aportado información ecológica básica como el ciclo de vida, el tamaño mínimo de madurez sexual, el tamaño de camada, etc. A partir de esto, el estudio del dimorfismo sexual en *P. indubitus* permite incrementar el acervo ecológico del grupo. Adicional a esto, y aprovechando conocimiento derivado de la sistemática de las *Plestiodon* mexicanas, se puede identificar con relativa facilidad que los ambientes en los que se distribuye *P. indubitus* pueden ser por completo opuestos. Esto puede propiciar variación geográfica en el dimorfismo sexual presente en esta especie.

Debido a esto, en este trabajo se pretende evaluar si las diferencias ambientales están asociadas con la variación geográfica en el dimorfismo sexual en tamaño y forma del cuerpo. Por esto, (i) a partir del área de distribución de *P. indubitus* se identificaron dos poblaciones con características ambientales opuestas entre sí. Después, (ii) se describe el dimorfismo sexual en tamaño y forma de las dos poblaciones de *P. indubitus*, explorando (iii) si diferencias en las trayectorias de crecimiento están relacionadas con diferencias sexuales en la forma del cuerpo. Finalmente, (iv) se compara el dimorfismo sexual en tamaño y forma entre poblaciones que se encuentran en extremos climáticos opuestos.

Hipótesis

La diferencia ambiental (clima) entre los sitios en donde se distribuyen las poblaciones de una especie, propicia diferencia en el crecimiento y en la diferenciación, provocando variación geográfica en el dimorfismo sexual en tamaño y forma del cuerpo.

A pesar de que se pueden encontrar muchas similitudes en el comportamiento, hábitos y fisionomía, la información disponible del dimorfismo sexual en *Plestiodon* muestra que este atributo es heterogéneo en este género. Por lo que el dimorfismo sexual puede presentar diferencias incluso dentro de una misma especie.

Objetivos

Determinar si existe dimorfismo en tamaño y forma corporal en dos poblaciones de *Plestiodon indubitus*.

Evaluar para cada población si las trayectorias de crecimiento influyen en el dimorfismo sexual en la forma corporal.

Determinar si existe variación intraespecífica en el dimorfismo en tamaño y forma del cuerpo de *P. indubitus*.

Método

Áreas de estudio

La recolecta de organismos de *P. indubitus* se llevó a cabo en dos localidades. La primera es el poblado de Tres Marías ubicado al norte del estado de Morelos. La segunda es el poblado de Landa el cual se encuentra en el estado de Guerrero. Estas localidades son diferentes en su clima, altitud y precipitación. De acuerdo con la distribución geográfica de *P. indubitus* estas localidades se encuentran en extremos ambientales distintos de dicha distribución.

La localidad de Tres Marías se encuentra ubicada en el municipio de Huitzilac (paralelos 18° 59' y 19° 05' de latitud norte; meridianos 99° 08' y 99° 19' de longitud oeste; altitud entre 1 200 y 2 500 metros) (Figura 3). Esta localidad presenta un clima semifrío húmedo con lluvias abundantes en verano; la temperatura promedio anual es de 12.7 °C y la precipitación media anual de 1612 mm, aquí el mes más seco es diciembre con 9 mm, mientras que julio es el más húmedo con 373 mm (Figura 1). Las temperaturas medias mensuales varían aproximadamente 5.2 °C. El mes más frío es enero con temperatura promedio de 9.9 °C y mayo el más cálido con 14.8 °C. Esta zona presenta un suelo de tipo Andosol (INEGI, 2009a). La comunidad vegetal dominante en la zona es el bosque de pino, algunos de los géneros representativos son: *Pinus*, *Arbutus*, *Buddleia*, *Populus* (Rzedowski, 1994).

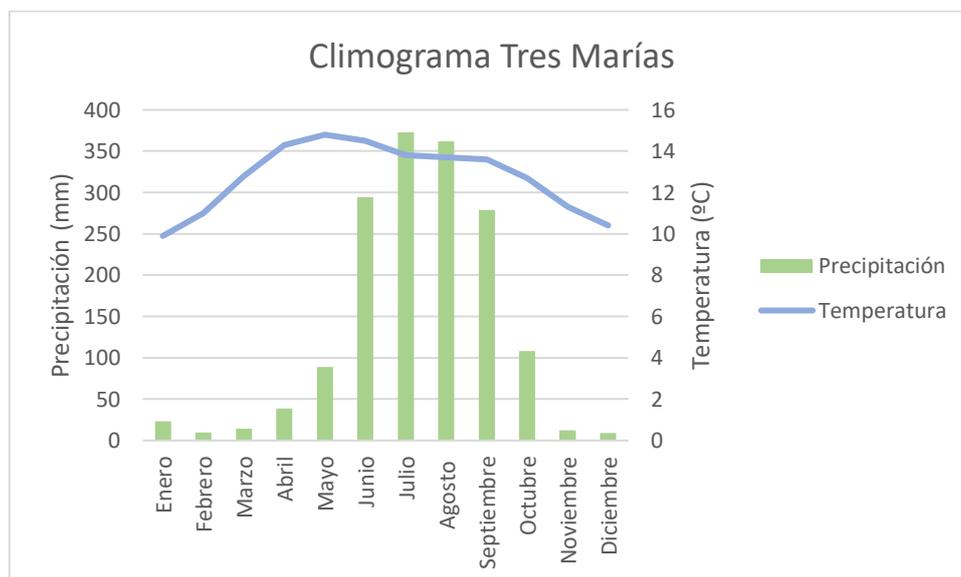


Figura 1. Climograma de la localidad Tres Marías, Morelos, donde las barras marcan el promedio de precipitación mensual y la línea los promedios mensuales de temperatura ambiental. Tomado y modificado de Schwarz, 2018a.

La localidad de Landa se encuentra en el municipio de Taxco (paralelos 18° 21' y 18° 41' de latitud norte; meridianos 99° 25' y 99° 47' de longitud oeste; altitud entre 700 y 2600 metros) (Figura 3). Esta localidad presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano; la temperatura promedio anual es de 21.3 °C y la precipitación media anual de 1236 mm, aquí el mes más seco es febrero con

6 mm, mientras que junio es el más húmedo con 261 mm (Figura 2). Las temperaturas medias mensuales varían aproximadamente 4.9 °C. El mes más frío es enero con temperatura promedio de 19.2 °C y abril el más cálido con 24.1 °C. Esta zona presenta un suelo de tipo luvisol (INEGI, 2009b). La comunidad vegetal dominante en la zona es el bosque tropical caducifolio, algunos de los géneros representativos son: *Bursera*, *Ceiba*, *Agave*, *Euphorbia* (Rzedowski, 1994).

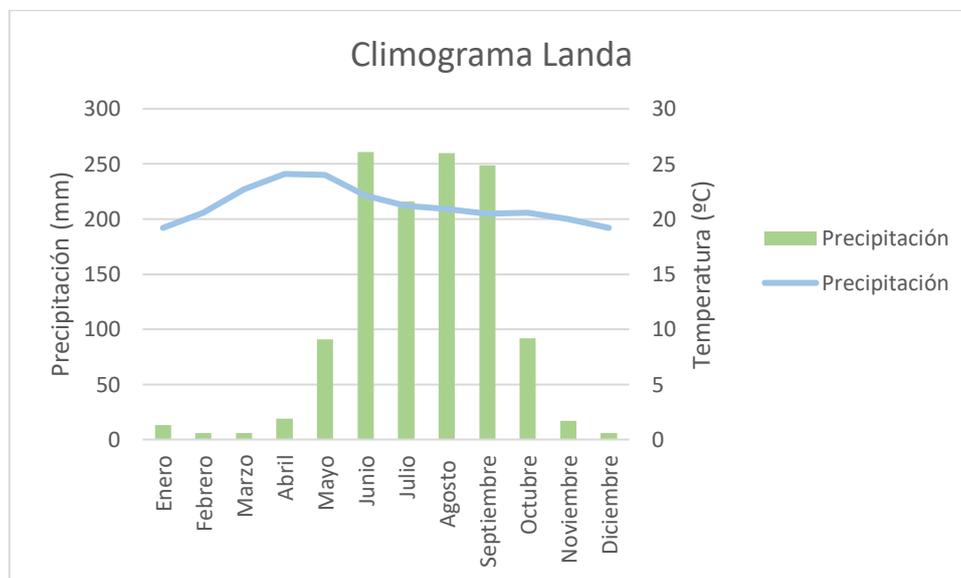


Figura 2. Climograma de la localidad Landa, Guerrero, donde las barras marcan el promedio de precipitación mensual y la línea los promedios mensuales de temperatura ambiental. Tomado y modificado de Schwarz, 2018b.

Cuadro 1. Resumen de las diferencias ecológicas entre las poblaciones de *P.indubitus* (Tres Marías y Landa).

	Tres Marías	Landa
Altitud	2814 msnm	1920 msnm
Clima	Semi frío húmedo con lluvias en verano	Cálido subhúmedo con lluvias en verano
Precipitación media anual	1612 mm	1236 mm
Temperatura media anual	12.7 C	21.3 C
Mes más frío	9.9 C	19.2 C
Mes más cálido	14.8 C	24.1 C
Comunidad vegetal dominante	Bosque de pino	Bosque tropical caducifolio

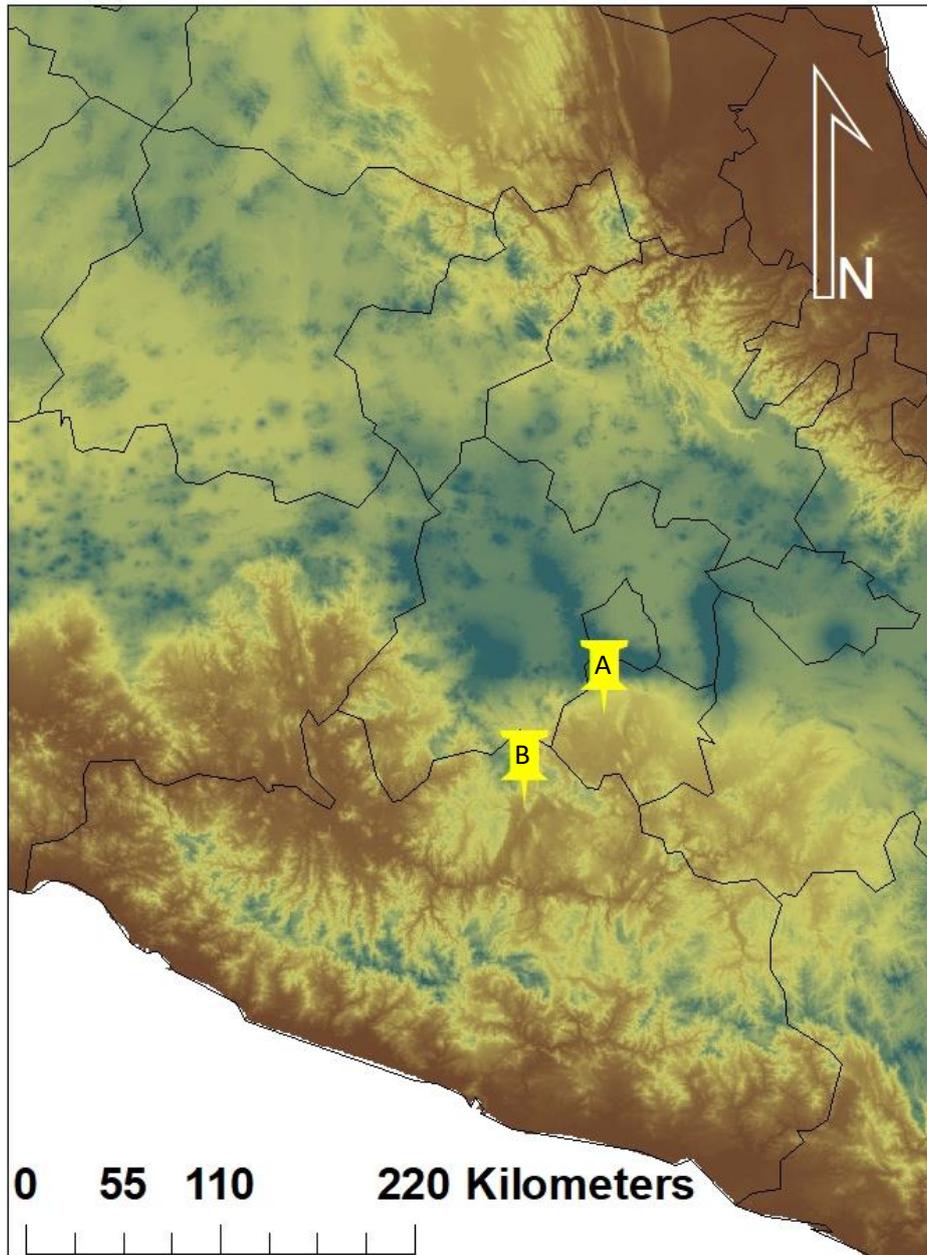


Figura 3. Ubicación geográfica de las poblaciones de *P. indubitus*: A) Tres Marías, Huitzilac, Morelos; y B) Landa, Taxco, Guerrero.

Descripción de la especie.

Plestiodon indubitus (Figura 4) también conocido como “lincer”, “aspia”, “eslaboncillo” o eslizón de montaña, dependiendo de la localidad. Es una lagartija de hábitos secretivos y cuerpo delgado. Es de talla pequeña, en promedio 6.5 centímetros de longitud hocico-cloaca en organismos adultos. Sus extremidades anteriores y posteriores son reducidas, con dedos delgados. Tienen escamas osificadas en todo el cuerpo. Tiene una línea clara lateral que comienza en la escama rostral y se interrumpe en el cuello. Presenta una coloración dorsal marrón, en ocasiones ópalo. La región ventral es de coloración cremosa sin diferencias entre machos y hembras. Ostenta una cola larga con tonalidades azul metálico. Su reproducción es otoñal, de tal forma que los nacimientos son al inicio del siguiente año, vivípara. Su dieta es insectívora. Esta especie no está considerada en alguna categoría de riesgo en la NOM 059.

Feria-Ortiz *et al.* (2011) reevaluaron, mediante un análisis filogenético particionado, el estado taxonómico de la especie politípica *Plestiodon brevirostris* (*sensu* Dixon, 1969). Los autores demostraron que las poblaciones que integran el área de distribución de la entonces *P. b. indubitus* comprenden dos especies diferentes. Una especie comprende las poblaciones de la parte occidental (Michoacán y Jalisco), y la otra las de la parte oriental que comprenden a los estados de México, Guerrero y Morelos, en donde se encuentra la localidad tipo de *P. b. indubitus*. Por lo tanto, se tiene la seguridad de que las poblaciones de este estudio corresponden a la ahora especie *P. indubitus*.



Figura 4. Ejemplar adulto de *Plestiodon indubitus*. Fotografía por Manuel Feria Ortiz

Búsqueda de organismos

Se llevaron a cabo un total de 10 salidas al campo (cinco a Tres Marías y cinco a Landa) con duración de dos días cada una. Ambas localidades se visitaron del mes de agosto al mes de noviembre del año 2017. Esto para aprovechar el periodo reproductivo anual y poder encontrar el mayor número posible de individuos adultos. Adicional a esto, se incorporaron datos de madurez sexual (Tres Marías: Lagunas-Cortez, 2014; Landa: Vázquez-Trejo, 2018)

La búsqueda de material biológico se enfocó en los sitios con mayor probabilidad de éxito. Tales sitios son debajo de rocas, troncos, escombros, hojarasca, etcétera. La captura de los animales se realizó con las manos. Posteriormente, se transportaron al laboratorio de herpetología de la FES Zaragoza. El transporte se realizó en bolsas de plástico individuales para cada organismo. Para facilitar el registro de información a cada organismo se le asignó un número consecutivo, fecha de recolecta, localidad y sexo. Después del registro de datos las lagartijas fueron regresadas a los sitios de recolecta correspondientes.

Dimorfismo sexual

Para describir el dimorfismo sexual en tamaño y forma corporal, se registraron las siguientes variables morfométricas: (i) el ancho de la cabeza (AC) o la distancia entre los límites externos de las escamas supraoculares, (ii) largo de la cabeza (LC), medida de la punta del hocico hasta el extremo posterior del tímpano, (iii) longitud hocico-cloaca (LHC) o la distancia de la punta del hocico hasta la terminación de la cloaca, (vi) longitud del tronco (LT) o la distancia de la axila hasta la ingle, (vii) Peso. Las primeras seis mediciones se obtuvieron en milímetros (mm) con un calibrador digital de seis pulgadas milimétrico y estándar TRUPER CALDI-6MP con una precisión de 0.01 mm.

Previo al análisis estadístico todos los datos de cada variable fueron transformadas a su expresión logarítmica base 10. Esta transformación obedece al ajuste para el requerimiento de normalidad en el uso de estadística paramétrica. Después, se evaluó la normalidad de cada variable con la prueba de Shapiro-Wilk y se corroboró gráficamente con el uso de EDK's (Salgado-Ugarte, 2002; 2013). Para verificar la condición de homocedasticidad que requieren las pruebas paramétricas (Sánchez-Turcios, 2015) se realizaron pruebas de igualdad de varianza (*variance-comparison test*).

Con el fin de determinar si existen o no diferencias significativas entre los tamaños corporales (LHC) promedio de machos y hembras en cada población, se aplicaron pruebas t de Student entre las variables biométricas longitud hocico-cloaca de ambos sexos. Como medida de dimorfismo sexual en tamaño se utilizó el índice de dimorfismo sexual de “dos pasos” propuesto por Lovich y Gibbons (1992), el cual es, una forma sencilla de representar e interpretar el dimorfismo sexual, que consiste en:

$$IDS = ((L/S)-1)$$

Dónde: L es el tamaño corporal promedio del sexo con mayor talla, S es el tamaño corporal promedio del sexo de menor talla y IDS es el dimorfismo sexual en tamaño. De tal forma que el resultado será positivo cuando las hembras sean el sexo más grande. Para propósitos comparativos, los autores recomiendan que el valor obtenido sea positivo si los machos son el sexo de mayor tamaño. A su vez, que sea negativo si las hembras son el sexo más grande.

Para detectar si existe dimorfismo sexual en la forma del cuerpo dentro de cada población, se realizaron análisis multivariados de covarianza (ANMUCOVA) utilizando la LHC como covariada, el sexo como variable categórica y las demás

medidas biométricas como variables de respuesta. En caso de encontrar diferencias sexuales en las variables conjuntas que conforman a la forma del cuerpo, se aplicaron contrastes posteriores de Bonferroni para detectar qué variables presentan diferencias estadísticamente significativas.

Una manera de representar las diferencias sexuales en la forma del cuerpo es el método propuesto por Mosimann (1970). Este se basa en la estimación de un índice de tamaño corporal no lineal (Size). El índice Size se calcula a partir de la media geométrica calculada a partir de las variables morfométricas. Posteriormente, se divide el valor de cada medida biométrica entre el valor resultante del índice Size. El cociente resultante representa una herramienta con la cual se puede controlar el efecto del tamaño de los organismos. Con el tamaño controlado se puede evaluar las diferencias sexuales en la forma del cuerpo.

Relaciones alométricas

Con el fin de indagar si existen diferencias sexuales en las trayectorias de crecimiento de las partes corporales, se estimaron rectas de regresión por el método de los mínimos cuadrados. Estas rectas se componen de una variable morfométrica contra la longitud del cuerpo. Al transformar los valores de las medidas corporales a su forma logarítmica se puede emular la expresión linealizada de la ecuación alométrica (Lleonart *et al.*, 2000):

$$Y = a X^b$$

$$\text{Log } Y = \text{Log } a + b \text{ Log } X$$

De esta forma la pendiente se puede considerar como el coeficiente de alometría la cual es la tasa de incremento de una variable con respecto a la otra. También, se puede visualizar si el dimorfismo sexual está propiciado por las trayectorias de crecimiento. La importancia de la alometría se centra en el poder explicativo que ofrece para poder manifestar diferencias geográficas en el dimorfismo sexual.

Variación geográfica en el dimorfismo sexual: tamaño corporal

Existe una problemática al comparar el tamaño corporal entre poblaciones de organismos que presentan crecimiento continuo. La estructura de edades afecta directamente el tamaño corporal promedio que puede ser registrado para una población (Forsman, 1991). Factores como la tasa de natalidad o de mortalidad intervienen directamente en la estructura de edades. Por lo tanto, las diferencias geográficas en el tamaño promedio pueden presentarse debido a diferencias en atributos poblacionales.

En reptiles, el crecimiento no sigue un modelo exponencial. Las crías tienen un crecimiento rápido hasta alcanzar la madurez sexual. Cuando los organismos son fértiles destinan más recursos energéticos en la reproducción en comparación con el crecimiento. Por lo tanto, aunque los animales sigan creciendo, la tasa de crecimiento contra tiempo es menor mientras más edad tenga el animal. Este tipo de crecimiento se asemeja a un modelo asintótico. De

esta forma, se espera que los organismos más grandes ya estén en esta asíntota de crecimiento (Stamps, 1993).

Si bien el tamaño de muestra dependió de los ejemplares que se lograron capturar, se procuró tener muestras de al menos 10 ejemplares de un tamaño que se considere asíntótico de cada sexo y población. Para esto se analizaron las medidas de tamaño corporal obtenidas de cada población. Posteriormente, se determinó la cantidad de individuos que se utilizaron en el cálculo del promedio máximo asíntótico siguiendo el método de Forsman (1991).

El método de Forsman (1991) consiste en clasificar las localidades de acuerdo con los promedios obtenidos para el organismo más grande, los dos más grandes, los tres más grandes y así sucesivamente hasta los diez más grandes. Las clasificaciones son independientes para cada sexo. Para ello se calculará el coeficiente de concordancia de Kendall (W). Con el fin de reducir al máximo la posibilidad de que algunos organismos no se encuentren en su tamaño máximo asíntótico se calculó el coeficiente de correlación de los promedios asíntóticos de cada sexo en ambas poblaciones (Stamps y Andrews, 1992).

Siguiendo a McCoy et al. 1994, se realizó un análisis de varianza de dos vías para poner a prueba la hipótesis de variación geográfica en las diferencias sexuales en tamaño corporal. El factor sitio y el factor sexo componen las dos vías del análisis. Estas pruebas se realizaron solo con los tamaños asíntóticos.

Variación geográfica en el dimorfismo sexual: forma del cuerpo

Con el fin de detectar diferencias geográficas en el grado de dimorfismo sexual en partes corporales particulares (ACA, LCA, etc.) se procedió como sigue. Primero, considerando los datos de las hembras adultas, se utilizó el método de regresión lineal por mínimos cuadrados para obtener modelos de las relaciones entre la LHC y cada una de variables biométricas (LCA, ACA, etc.). Segundo, se utilizaron estos modelos para estimar las longitudes de cada parte corporal de los machos según sus tamaños corporales (LHC). Tercero, se calcularon los residuales correspondientes a cada parte considerada (por ejemplo, el ACA de los machos obtenido con el modelo de regresión para las hembras menos el ACA observado en el organismo). Se consideran a los residuales como una medida que refleja el dimorfismo sexual en un rasgo particular (McCoy *et al.*, 1994).

Por último, se evaluó la normalidad y homocedasticidad de estos residuales mediante pruebas de Shapiro Wilk comprobadas con EDK's y pruebas de igualdad de varianzas respectivamente. Según estos resultados se utilizaron las pruebas pertinentes (t de Student o equivalentes) para detectar diferencias geográficas significativas entre los residuales de cada medida biométrica considerada.

Resultados

Se examinaron 179 individuos adultos de *Plestiodon indubitus*. De los cuales 95 proceden de la localidad de Tres Marías (57 individuos hembras y 38 machos). Los 84 individuos restantes fueron de la localidad de Landa (55 hembras y 29 machos) (Cuadro 2). De acuerdo con Lagunas-Cortés (2014), en la población de Tres Marías se consideraron como organismos adultos a los machos y hembras con una longitud igual o mayor que los 58.76 mm y 57.34 mm respectivamente, mientras que para Landa se consideraron como organismos adultos a los machos y hembras con una longitud igual o mayor que 50.4mm para hembras y 49.2mm para machos (Vazquez-Trejo, 2018).

Cuadro 2. **Tamaños corporales promedio** de las hembras y machos de *P. indubitus* de las poblaciones de Tres Marías y Landa; ES: error estándar; n: tamaño de muestra; entre paréntesis se muestra el intervalo de variación. También se muestran los estadísticos correspondientes a las pruebas de igualdad de varianzas (*variance-comparison test*) y *t* de Student.

		LHC ($\bar{x} \pm 1ES$) mm	LogLHC	
		Hembras	Igualdad de varianzas	t-Student
Tres Marías	n=57	64.56	F=1.67 gl=56, 37 p= 0.10	t=-0.09 gl=93 p= 0.92
		± 4.26		
	(58-73.76)			
	Machos			
n=38		64.58	p= 0.10	p= 0.92
		± 3.28		
	(58.92-70.88)			
	Machos			
Landa	n=55	58.89	F=0.72 gl=54, 28 p=0.31	t=0.42 gl=82 p= 0.67
		± 4.75		
	(50.4-70.3)			
	Machos			
n=29		58.46	p=0.31	p= 0.67
		± 5.37		
	(49.2-67.7)			
	Machos			

Las curvas de densidad por el método de kernel gaussiano (Salgado-Ugarte, 2002, 2013) muestran que todas las variables en su expresión logarítmica se aproximan a una distribución normal, requisito para pruebas paramétricas (ejemplos en las Figuras 5 y 6). Esto apoya a la prueba de normalidad Shapiro-wilk realizada en todas las variables (Cuadro 3). Por otra parte, no se detectaron diferencias significativas entre las varianzas de las variables LogLHC correspondientes a machos y hembras de las dos poblaciones (Cuadro 2).

Cuadro 3. Estadísticos obtenidos a partir de las pruebas de normalidad Shapiro Wilk realizadas a cada variable en ambos sexos de las dos poblaciones.

	LogLHC	LogAC	LogLC	LogLT	LogP
Tres Marías					
Hembras	n= 57	n= 57	n= 57	n= 57	n= 57
	z= 1.61	z= 0.52	z= 0.74	z= 1.15	z= 0.07
	p= 0.06	p= 0.29	p= 0.22	p= 0.07	p= 0.47
Machos	n= 38	n= 38	n= 38	n= 38	n= 38
	z= 0.48	z= -0.6	z= 1.07	z= 0.65	z= 1.63
	p= 0.31	p= 0.72	p= 0.14	p= 0.25	p= 0.06
Landa					
Hembras	n= 55	n= 55	n= 55	n= 55	n= 55
	z= -0.48	z= 0.17	z= 1.2	z= 0.1	z= 1.49
	p= 0.68	p= 0.43	p= 0.09	p= 0.45	p= 0.01
Machos	n= 29	n= 29	n= 29	n= 29	n= 29
	z= 1.28	z= 0.55	z= 0.32	z= 1.14	z= 0.85
	p= 0.08	p= 0.28	p= 0.46	p= 0.12	p= 0.2

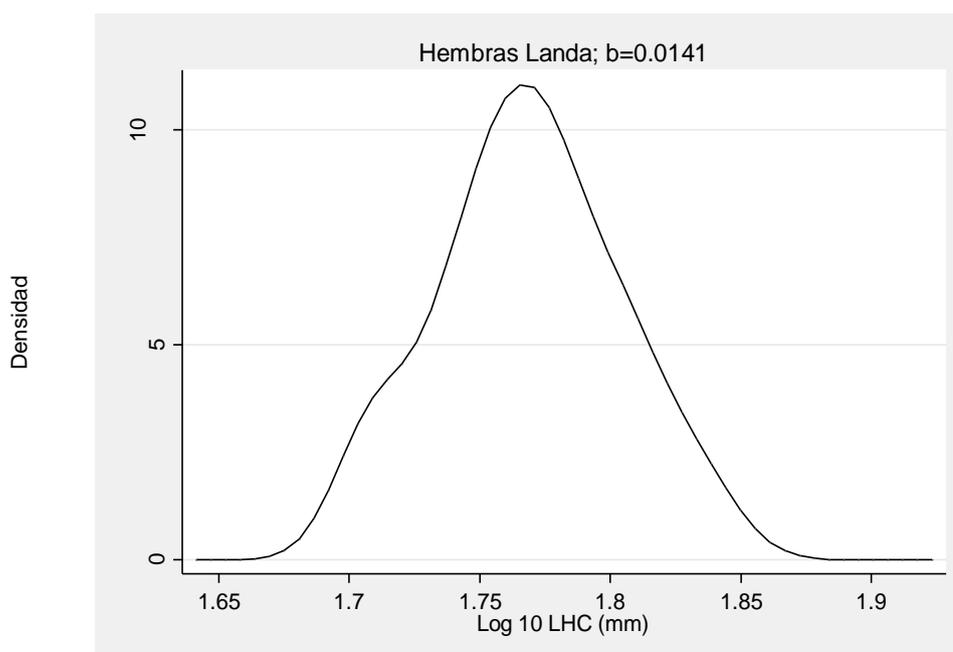


Figura 5. Ejemplo de curva de densidad estimada a partir del kernel gaussiano para el logaritmo de la longitud hocico-cloaca de las hembras de Landa, en donde b es el ancho óptimo de banda.

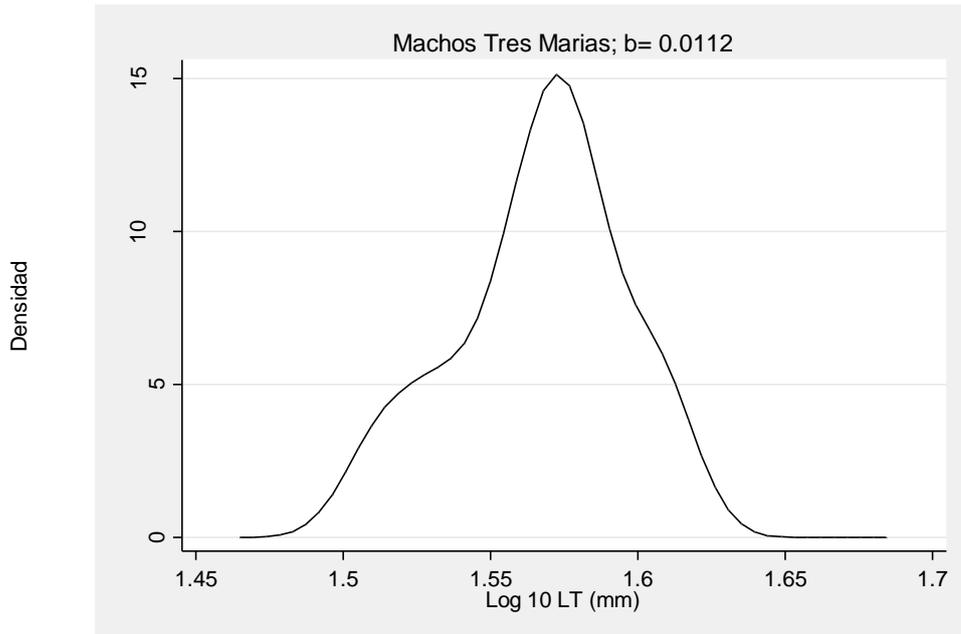


Figura 6. Ejemplo de curva de densidad estimada a partir del kernel gaussiano para el logaritmo de la longitud del tronco de los machos de Tres Marías, en donde b es el ancho óptimo de banda.

No se detectaron diferencias significativas entre los promedios de la longitud corporal de los sexos en ambas poblaciones (Cuadro 2). Sin embargo, al comprar las hembras y machos entre poblaciones se puede observar que en Tres Marías se encuentran los animales más grandes (Figura 7). Los índices de dimorfismo sexual (Lovich-Gibbons, 1992) para ambas poblaciones fueron idénticos ($IDS= 0.0$).

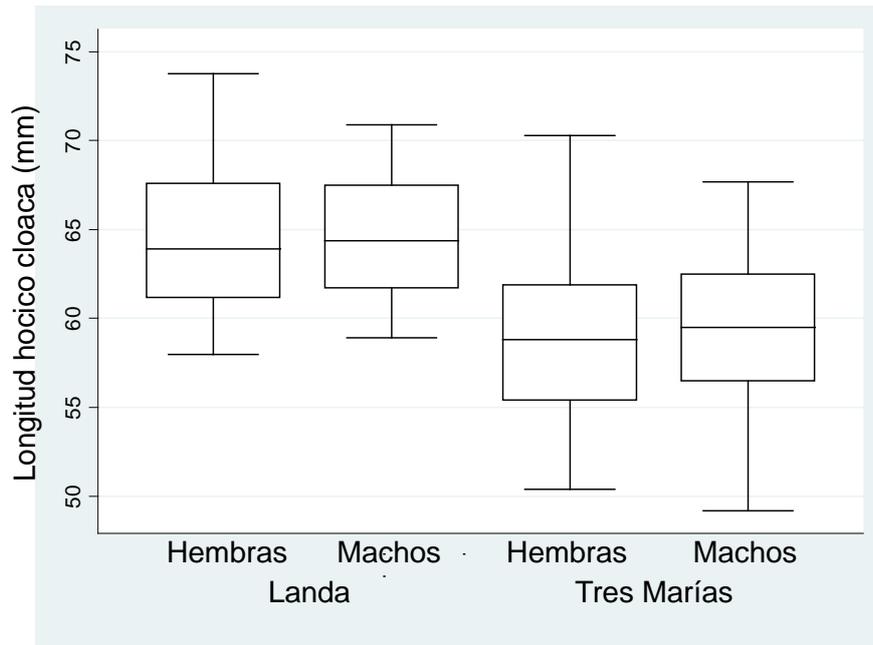


Figura 7. Comparación entre las distribuciones de las medianas de la longitud hocico-cloaca entre sexos y poblaciones.

En el análisis multivariado de covarianza reflejó la existencia de una relación entre el tamaño corporal y las variables asociadas a la forma del cuerpo (ACA, LCA, etc.) (Tres Marías: Wilks= 0.55, gl= 4, F= 56.27, $p < 0.001$; Landa: Wilks= 0.06, gl= 4 F= 287.40, $p < 0.001$), También, se detectaron diferencias significativas entre ambos sexos en las variables asociadas a la forma del cuerpo (ACA, LCA, etc) (Tres Marías: Wilks= 0.45, gl= 4, F=17.58, $p < 0.001$; Landa: Wilks= 0.34, gl= 4, F=37.22, $p < 0.001$).

Cuadro 4. **Tamaños promedio** en milímetros de: ancho de la cabeza (AC); longitud de la cabeza (LC); longitud del tronco (LT); el peso es la masa de los organismos expresado en gramos de las hembras y machos de *P. indubitus* de las poblaciones de Tres Marías y Landa. $\pm 1ES$: error estándar; n= tamaño de muestra de cada sexo; entre paréntesis se muestra el intervalo de variación.

	AC ($\bar{x} \mp 1ES$) mm	LC ($\bar{x} \mp 1ES$) mm	LT ($\bar{x} \mp 1ES$) mm	Peso ($\bar{x} \mp 1ES$) mm	
Tres Marías	Hembras				
		7.73	11.19	39.39	4.69
	n=57	± 0.59	± 0.46	± 2.99	± 1.20
		(6.36-9.54)	(10.4-12.34)	(31-47.46)	(2.84-8.26)
	Machos				
		8.67	12.41	37.31	5.2
n=38	± 0.81	± 0.70	± 2.41	± 1.15	
	(7.26-10.8)	(11.12-13.66)	(32.4-41.7)	(2.19-8.40)	
Landa	Hembras				
		7.16	9.66	35.55	3.64
	n=55	± 0.61	± 0.68	± 3.53	± 1
		(6-8.4)	(8-11.2)	(28.8-44)	(1-6.69)
	Machos				
		7.82	10.72	33.32	3.77
n=29	± 0.73	± 1.13	± 3.30	± 1.06	
	(6.4-8.97)	(9-12.8)	(27-37.8)	(2.12-5.66)	

Las pruebas *Post hoc* de Bonferroni (Cuadro 5) localizaron en qué variables hay diferencias significativas entre sexos. Esto se realizó para cada población. En Tres Marías se detectó dimorfismo sexual en todas las variables involucradas en la forma del cuerpo (LogAC, LogLC, LogLT y LogP). Por su parte, en Landa sólo la variable logaritmo del Peso no reporta diferencias estadísticamente significativas.

Cuadro 5. Resultados de los contrastes posteriores de Bonferroni. La celda sombreada representa la variable que no fue dimórfica.

VARIABLE	TRES MARÍAS	LANDA
LOGAC	MS=0.0008 gl=92 p<0.001	MS=0.0004 gl=81 p<0.001
LOGLC	MS=0.0002 gl=92 p<0.001	MS=0.0002 gl=81 p<0.001
LOGLT	MS=0.0005 gl=92 p<0.001	MS=0.0002 gl=81 p<0.001
LOGP	MS=0.0065 gl=92 p<0.001	MS=0.0084 gl=81 p=0.45

En ambas poblaciones los machos presentaron cabezas más anchas (Figura 8) y largas (Figura 9) respecto a las hembras. También, las hembras tuvieron longitudes del tronco más grandes que los machos (Figura 10). En Tres Marías existe una peculiaridad: no se encontró dimorfismo sexual en el tamaño corporal; sin embargo, los machos son el sexo más pesado (Figura 11). Al comparar ambos sexos de Tres Marías respecto a sus homólogos de Landa, es en Tres Marías donde, en promedio, las variables asociadas a la forma del cuerpo son de mayor longitud (Cuadro 4).

El valor calculado para el índice Size (Mosimann, 1970) para hembras y machos de Tres Marías fue de 15.87 y 16.77, respectivamente. Por otra parte, el índice Size para las hembras de la localidad de Landa fue de 13.87 y para los machos de 14.33. Las proporciones corporales del ancho y largo de la cabeza fueron mayores en los machos de ambas poblaciones respecto a las hembras. La proporción del largo del tronco fue mayor en las hembras de las dos poblaciones al compararla con la de los machos. Finalmente, en Tres Marías la proporción del peso es mayor en machos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Cocientes que reflejan la proporción de cada parte corporal con respecto al índice Size, en donde AC es el ancho de la cabeza; LC es el largo de la cabeza; LT es la longitud del tronco; P es el peso. Las celdas sombreadas representan la variable que no fue dimórfica.

		AC/SIZE	LC/SIZE	LT/SIZE	P/SIZE
TRES MARÍAS	Hembras	0.48	0.70	2.48	0.29
	Machos	0.51	0.74	2.22	0.31
LANDA	Hembras	0.51	0.69	2.56	0.26
	Machos	0.54	0.74	2.32	0.26

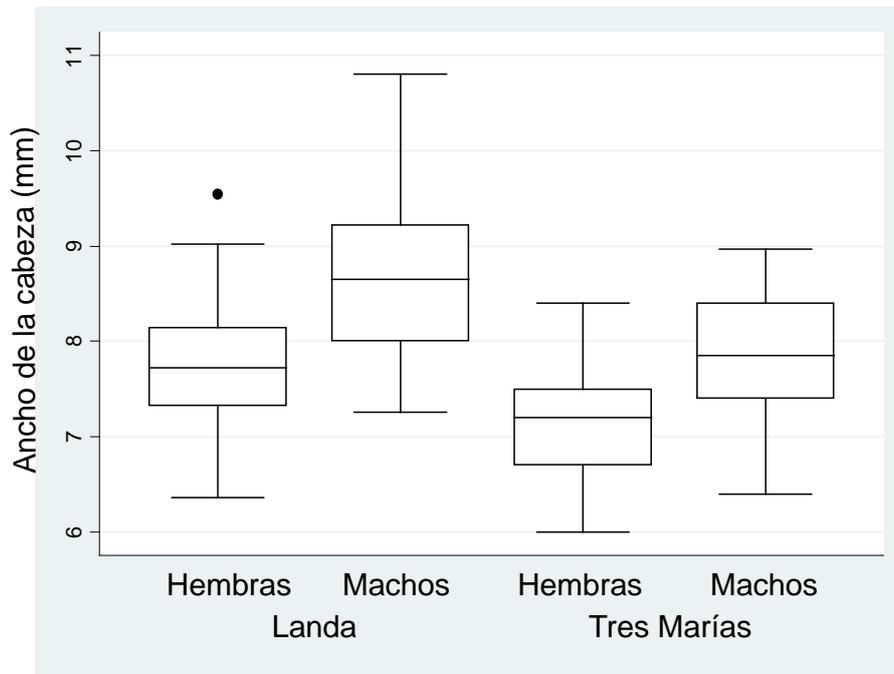


Figura 8. Comparación entre las distribuciones de las medianas del ancho de la cabeza entre sexos y poblaciones.

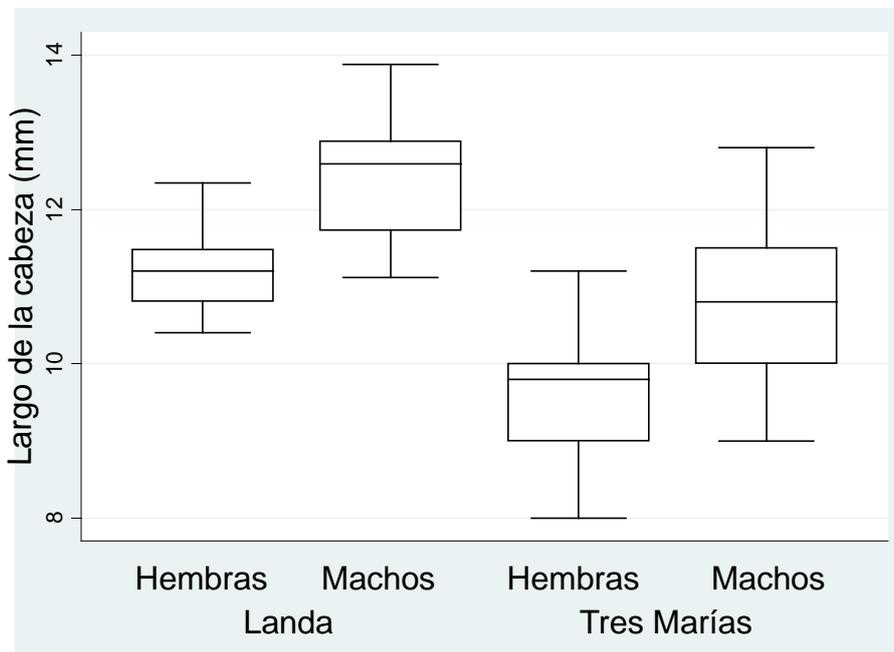


Figura 9. Comparación entre las distribuciones de las medianas del largo de la cabeza entre sexos y poblaciones.

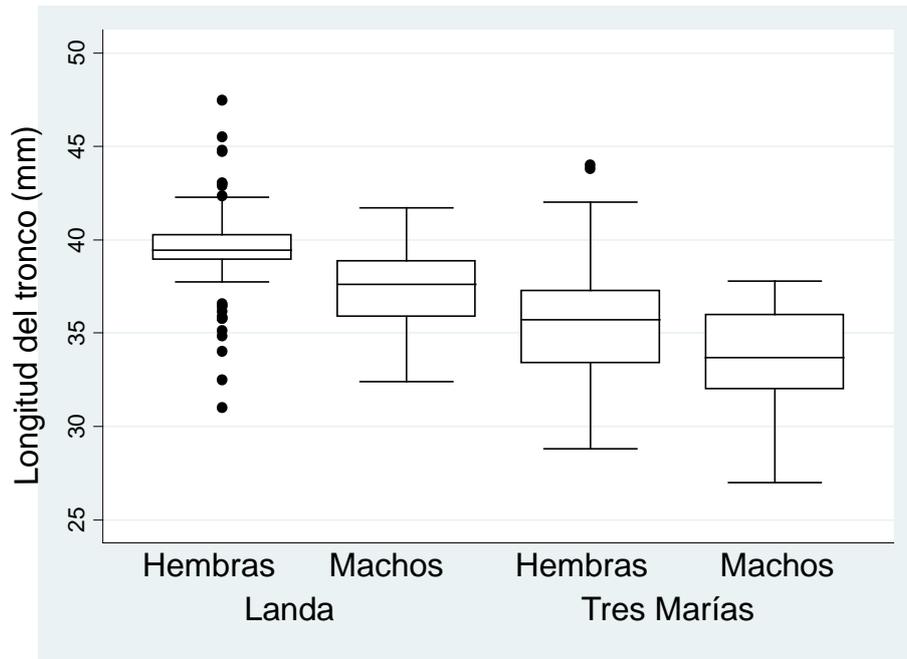


Figura 10. Comparación entre las distribuciones de las medianas de la longitud del tronco y poblaciones.

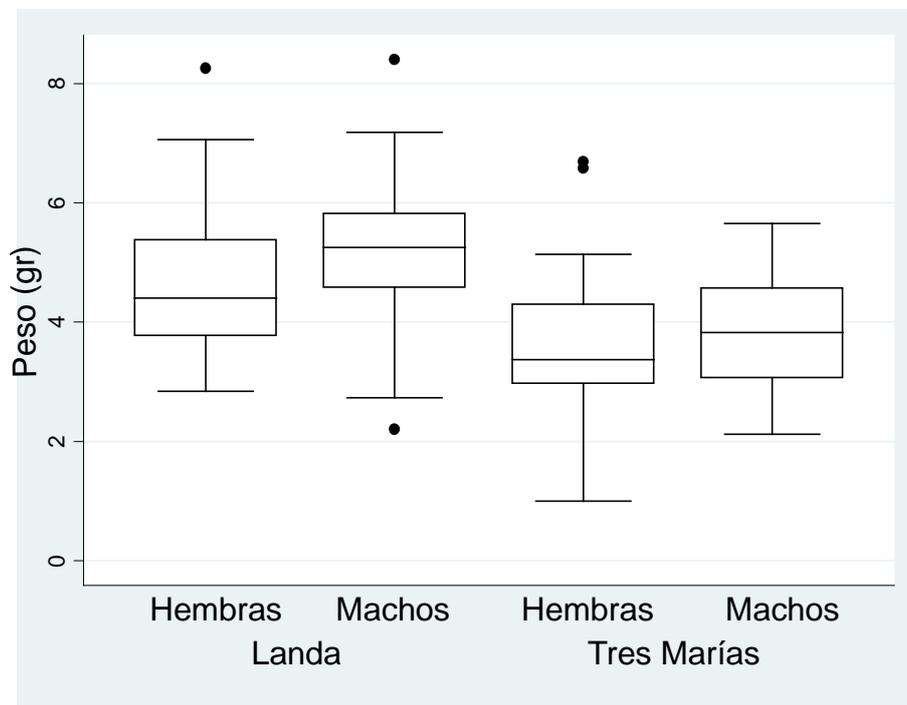


Figura 11. Comparación entre las distribuciones de las medianas del peso entre sexos y poblaciones.

Análisis alométricos

La mayoría de las pendientes obtenidas para todas las variables en ambos sexos de las dos poblaciones fueron menores que 1. Esto refleja una tendencia hacia la hipoalometría. Pocos valores son cercanos a 1 (isometría). Solo dos variables (logaritmo del ancho de la cabeza en los machos de Tres Marías y logaritmo de la longitud del tronco en las hembras de Landa) tuvieron tendencias a la hiperalometría (valores mayores a 1) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Trayectorias de crecimiento de las partes corporales que mostraron dimorfismo sexual en las poblaciones de *P. indubitus* de Tres Marías, Morelos y Landa, Guerrero. β = coeficiente de alometría; IC = intervalos de confianza del 95%; r^2 = coeficiente de determinación; $H_0: \beta_m = \beta_h$ = Hipótesis nula de igualdad de coeficientes de alometría entre machos y hembras. SD: variable sin dimorfismo.

	Tres Marías		Landa	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos
LogAC				
β	0.63	1.34	0.86	0.9
IC	0.37-0.89	0.93-1.75	0.69-1.03	0.73-1.08
r^2	0.3	0.54	0.65	0.8
$H_0: \beta_m = \beta_h$	t=7.81		t=6.77	
	gl=91		gl=80	
	p<0.005		p<0.005	
LogLC				
β	0.46	0.93	0.77	1.07
IC	0.34-0.57	0.73-1.14	0.65-0.89	0.94-1.21
r^2	0.54	0.7	0.76	0.9
$H_0: \beta_m = \beta_h$	t=15.20		t=10.00	
	gl=91		gl=80	
	p<0.005		p<0.005	
LogLT				
β	0.8	0.79	1.14	0.99
IC	0.57-1.03	0.44-0.75	1.02-1.26	0.82-1.16
r^2	0.47	0.37	0.87	0.84
$H_0: \beta_m = \beta_h$	t=4.69		t=5.96	
	gl=91		gl=80	
	p<0.005		p<0.005	
LogPeso				
β	2.42	3.43	SD	
IC	1.64-3.20	2.27-4.59		
r^2	0.41	0.5		
$H_0: \beta_m = \beta_h$	t=2.14			
	gl=91			
	p<0.025			

Las rectas de regresión lineal del logaritmo ancho de la cabeza para la población de Landa son muy similares en ambos sexos (Figura 12). Sin embargo, las pruebas de igualdad de pendientes indican que existen diferencias significativas entre ellas. Aunque las pendientes sean muy similares se puede visualizar que la elevación es diferente. Por otra parte, las rectas de regresión para Tres Marías son muy diferentes (Figura 13), lo que se ve reflejado en la prueba de igualdad de pendientes. Esta prueba indica que las pendientes de ambos sexos son diferentes para esta variable.

En la población de Tres Marías el dimorfismo sexual en el ancho de la cabeza puede ser explicado por diferencias en las trayectorias de crecimiento. Esto es, en machos esta parte del cuerpo crece con más velocidad que en hembras. Se debe mencionar que el valor del coeficiente de determinación es bajo para las hembras, por lo que se debe tomar este resultado con reserva. Por su parte, en Landa, aunque los coeficientes alométricos sean muy similares, la prueba entre estos indica que existen diferencias significativas. Por lo que el dimorfismo sexual también puede ser explicado por diferencias alométricas.

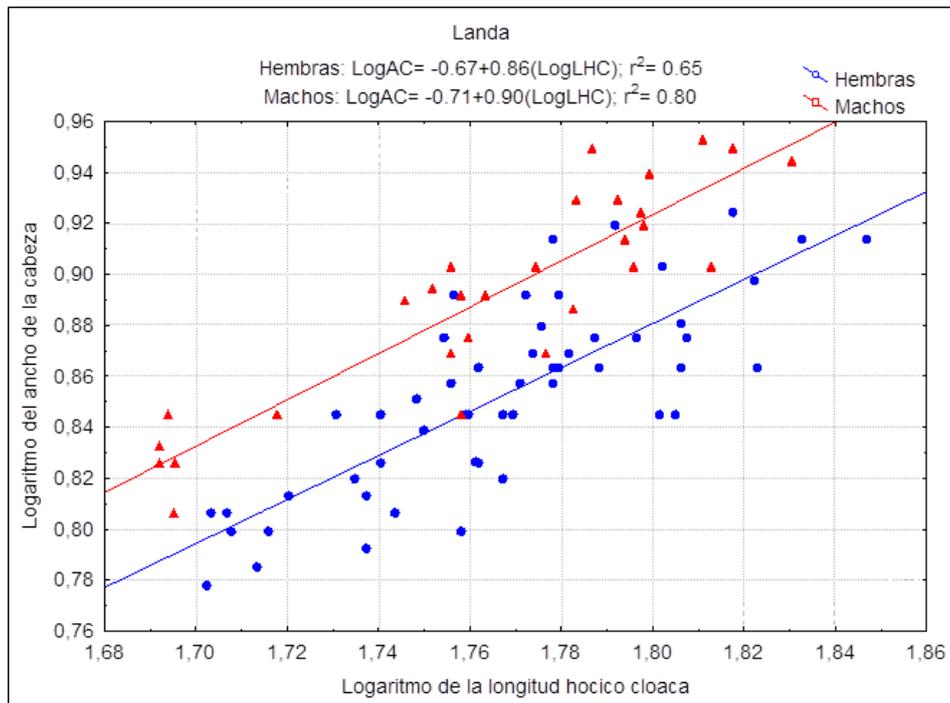


Figura 12. Rectas de regresión lineal de los datos logarítmicos del ancho de la cabeza respecto a los datos logarítmicos de la longitud hocico cloaca para hembras y machos de Landa.

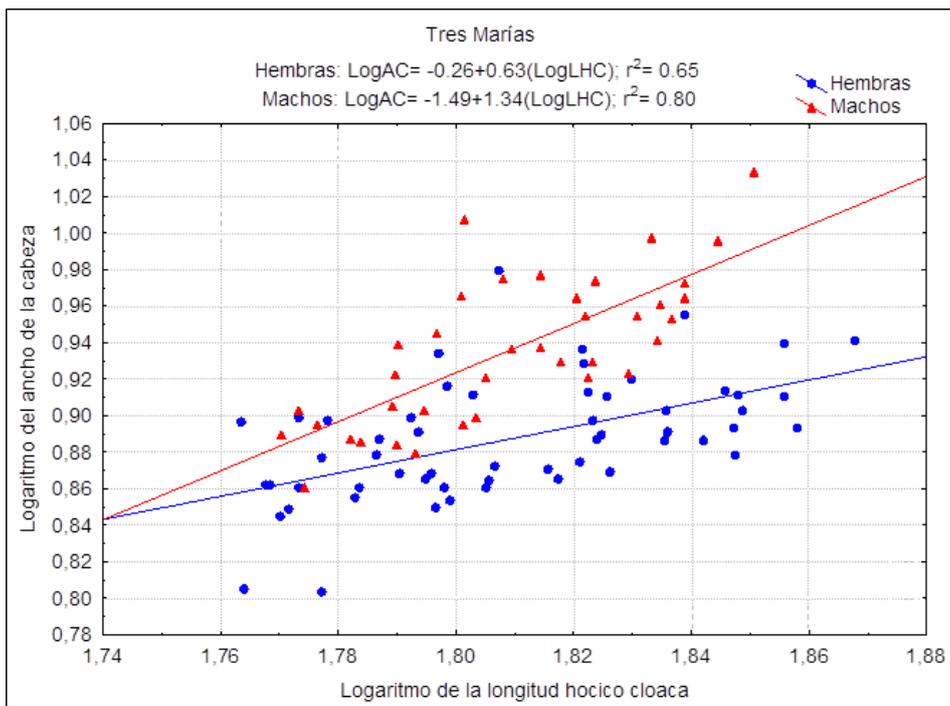


Figura 13. Rectas de regresión lineal de los datos logarítmicos del ancho de la cabeza respecto a los datos logarítmicos de la longitud hocico cloaca para hembras y machos de Tres Marías.

Las rectas de regresión lineal para el logaritmo de la longitud de la cabeza (Figura 14 y 15) reflejan una velocidad de crecimiento mayor en los machos que en las hembras. Las pruebas de igualdad de pendientes entre sexos indican diferencias estadísticamente significativas. El coeficiente de determinación para la regresión de las hembras de Tres Marías es relativamente bajo (0.54) en comparación con el resto (0.70, 0.76 y 0.90).

El dimorfismo sexual en el largo de la cabeza en ambas poblaciones puede explicarse por diferencias sexuales alométricas. En las dos poblaciones, los machos presentan isometría y las hembras hipoalometría.

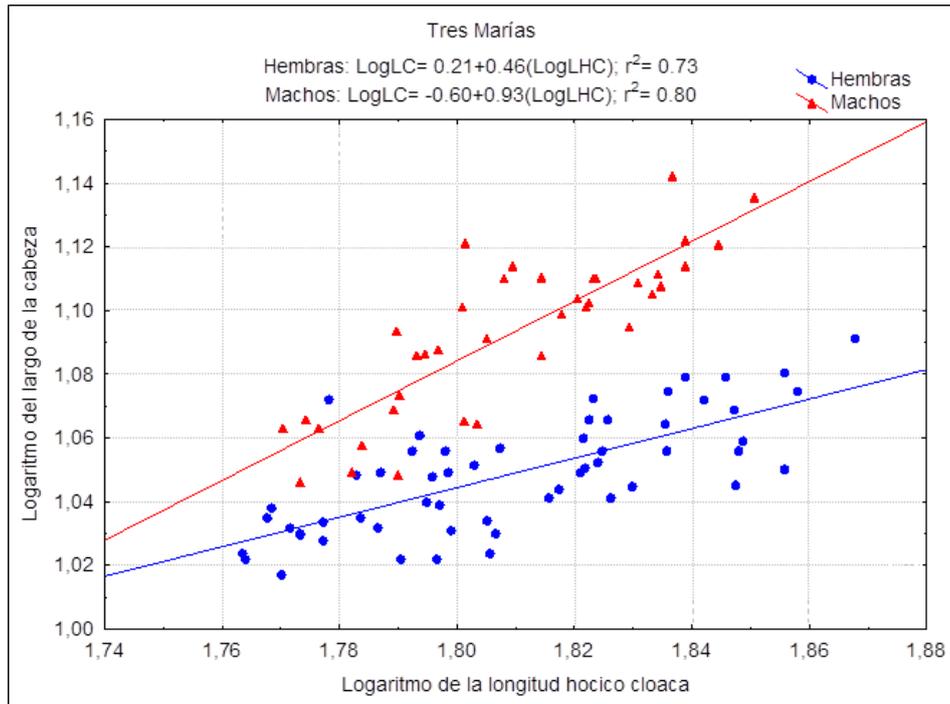


Figura 14. Rectas de regresión lineal de los datos logarítmicos del largo de la cabeza respecto a los datos logarítmicos de la longitud hocico cloaca para hembras y machos de Tres Marías.

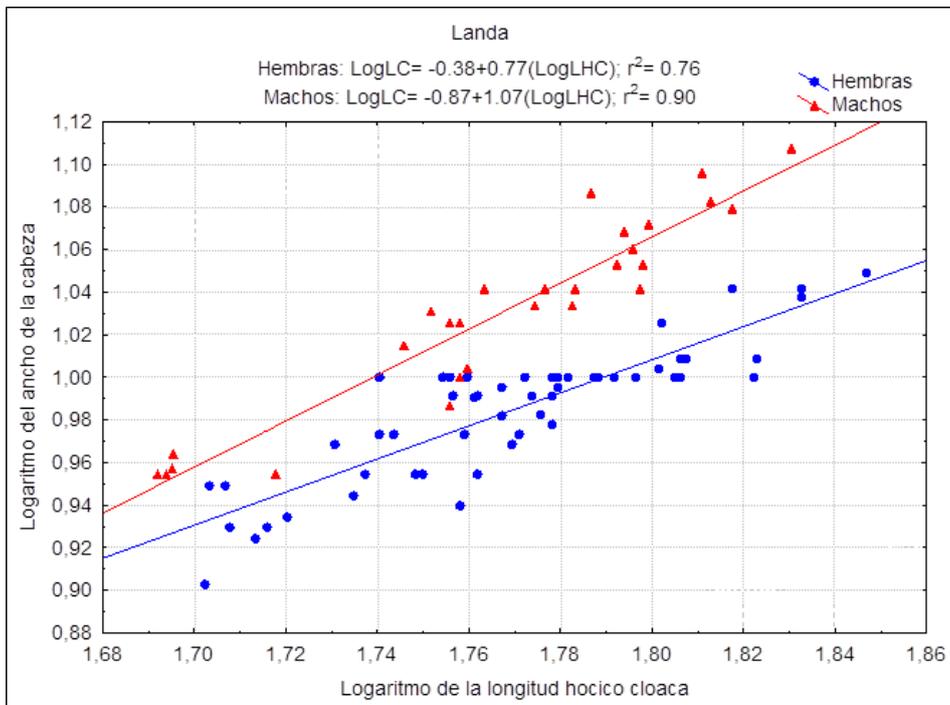


Figura 15. Rectas de regresión lineal de los datos logarítmicos del ancho de la cabeza respecto a los datos logarítmicos de la longitud hocico cloaca para hembras y machos de Landa.

En el caso del logaritmo de la longitud del tronco las pendientes de las rectas de regresión lineal son similares para ambos sexos de la población de Tres Marías (Figura 16). Sin embargo, se puede observar una ligera diferencia en la velocidad de crecimiento, la cual, es mayor en las hembras con respecto a los machos (1.14 para hembras; 0.99 para machos). Esta diferencia es estadísticamente significativa. En Landa (Figura 17), las pendientes aparentemente son iguales (0.80 en hembras y 0.79 en machos). La prueba de igualdad de pendientes mostró que existen diferencias estadísticamente significativas. Los coeficientes de determinación tuvieron valores bajos.

Existen diferencias sexuales alométricas en la longitud del tronco en la población de Landa. Por su parte, en la población de Tres Marías ambos sexos presentan hipoalometría para esta parte del cuerpo. Ambos valores del coeficiente de determinación son bajos, por lo que el resultado debe tomarse con reserva. También existen diferencias significativas entre los coeficientes alométricos. De tal forma que las diferencias sexuales en la longitud del tronco en Landa pueden explicarse por alometría.

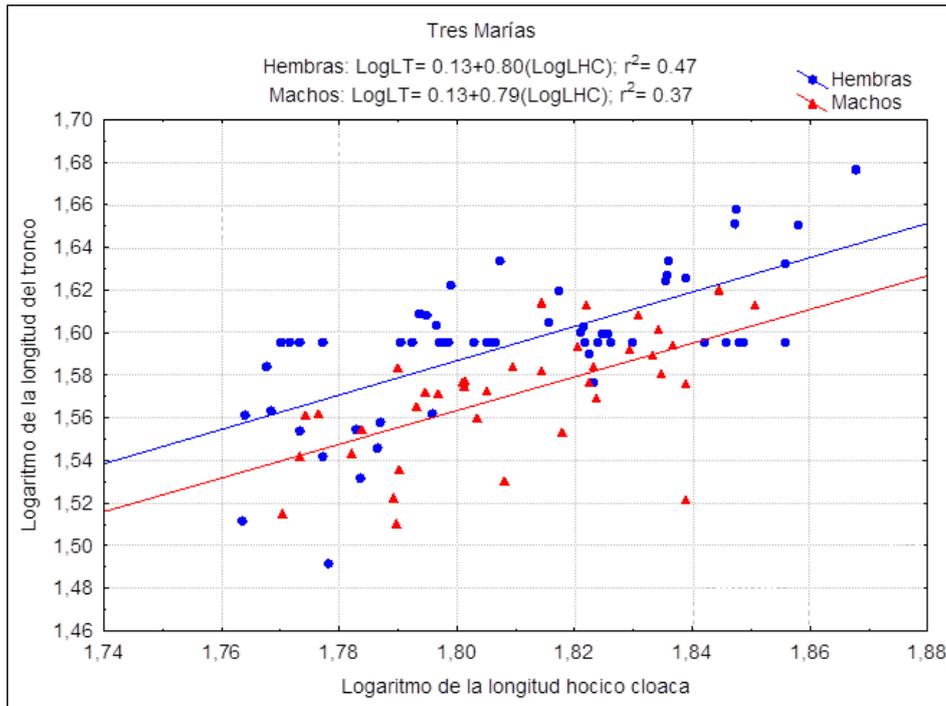


Figura 16. Rectas de regresión lineal de los datos logarítmicos de la longitud del tronco respecto a los datos logarítmicos de la longitud hocico cloaca para hembras y machos de Tres Marías.

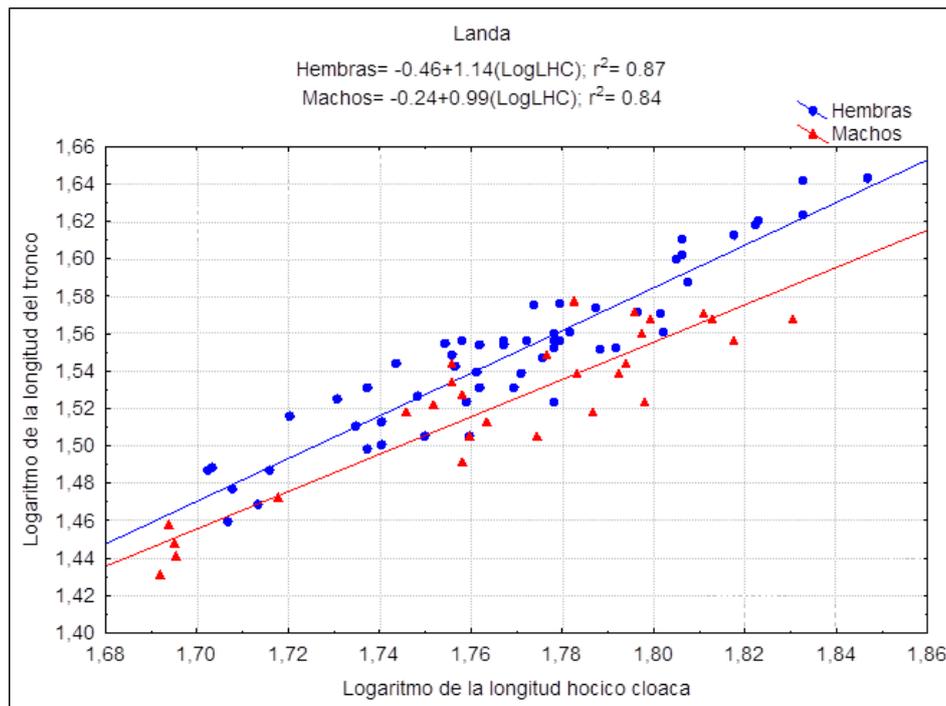


Figura 17. Rectas de regresión lineal de los datos logarítmicos de la longitud del tronco respecto a los datos logarítmicos de la longitud hocico cloaca para hembras y machos de Landa.

Finalmente, la Figura 18 ilustra las rectas de regresión lineal para los datos logarítmicos del peso en Tres Marías. Esta variable para esta localidad fue dimórfica sesgada hacia los machos. Las pendientes tuvieron diferencias estadísticamente significativas. Los machos presentan un incremento en el peso más acelerado que las hembras. Los coeficientes de determinación fueron relativamente bajos. Las diferencias sexuales para esta variable en la población de Landa pueden ser explicadas por diferencias alométricas.

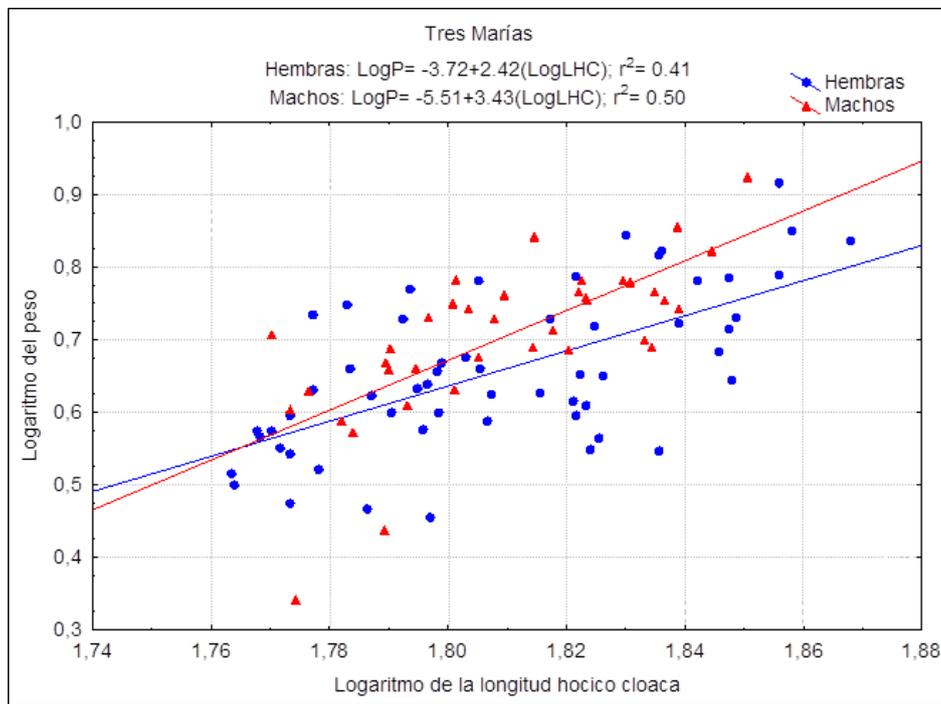


Figura 18. Rectas de regresión lineal de los datos logarítmicos del peso respecto a los datos logarítmicos de la longitud hocico cloaca para hembras y machos de Tres Marías.

Variación geográfica

El coeficiente de concordancia de Kendall (W) para los machos fue estadísticamente significativo para machos ($W=1$; $X^2=10$; $p=0.002$). En el caso de las hembras, el valor W de Kendall también fue significativo ($W=1$; $X^2=10$; $p=0.002$). Las comparaciones entre los promedios obtenidos a partir de los organismos considerados en las tallas asintóticas no fueron afectadas por la cantidad de individuos contemplados para tal cálculo. Debido a esto, se eligió a los 10 organismos más grandes de cada sexo para las dos poblaciones. Los coeficientes de variación (Cuadro 8) para cada sexo de cada población no superaron el 5% recomendado por Stamps y Andrews (1992).

Cuadro 8. Longitud hocico cloaca promedio en milímetros (P); $\pm 1ES$; intervalo de variación (I.V); coeficiente de variación (C.V) de la longitud hocico cloaca de los 10 individuos más grandes de cada sexo para las dos poblaciones.

	TRES MARÍAS		LANDA	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos
P	71.07	68.7	66.09	63.83
$\pm 1ES$	1.25	1.01	2.18	1.86
I.V	(69.5-73.76)	(67.52-70.88)	(63.8-70.3)	(62-67.7)
C.V	0.01	0.01	0.03	0.02

Las hembras de ambas poblaciones registraron una longitud hocico cloaca mayor con respecto de su contraparte masculina. (Figura 19). Los promedios de la longitud del cuerpo fueron mayores para los machos y las hembras de la población de Tres Marías. El organismo más grande en todo el estudio fue una hembra de la población de Tres Marías. El individuo más pequeño fue un macho de la población de Landa. Este fue aún más pequeño que la hembra de menor longitud corporal de la localidad de Tres Marías. La hembra más grande de Landa fue de una longitud similar a la registrada por el macho más grande de la población de Tres Marías (Cuadro 8).

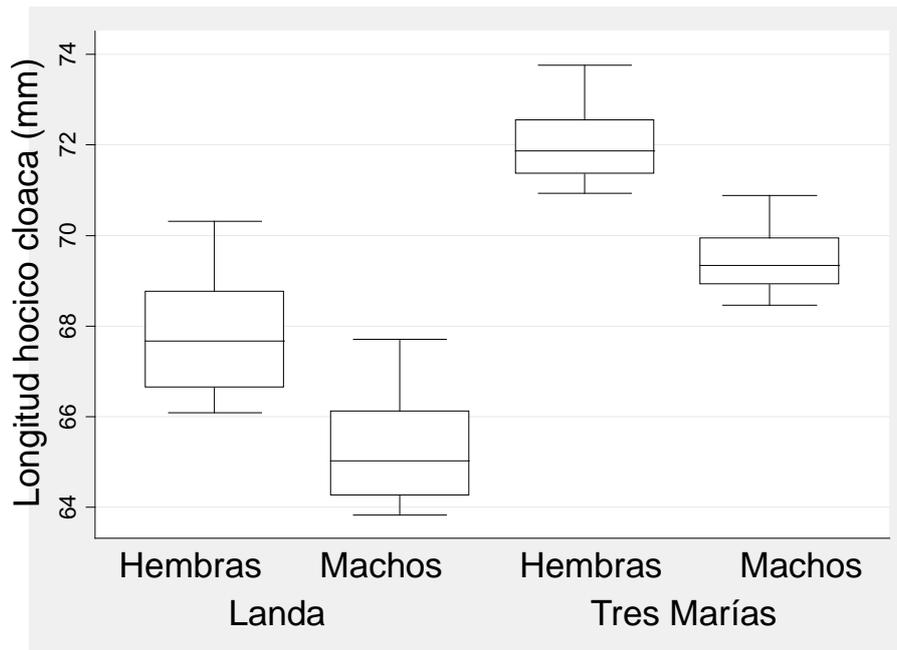


Figura 19. Comparación entre las medianas del tamaño corporal asintótico entre sexos y poblaciones.

El análisis de varianza de dos vías para la longitud hocico cloaca demostró diferencias estadísticamente significativas entre los sexos ($F=18.72$; $g=1$; $p=0.00$). El factor sitio indica diferencias significativas entre los tamaños corporales de machos y hembras para ambos sitios ($F=74.37$, $g=1$; $p=0.00$). Por último, el factor Sitio*Sexo no refleja diferencias estadísticamente significativas ($F=0.04$; $g=1$; $p=0.08$).

Se puso a prueba la normalidad de los residuales de cada variable. Todas estas mostraron tendencias hacia una distribución normal (ejemplos en las Figuras 20 y 21). Previo a las pruebas t-Student se realizó una prueba de igualdad de varianzas entre las variables involucradas. Solo en los residuales del logaritmo del ancho de la cabeza las varianzas no cumplen con los requisitos para comparar los promedios por la vía de pruebas paramétricas (R_LogAC : $f=0.37$; $g=28, 37$; $p=0.00$).

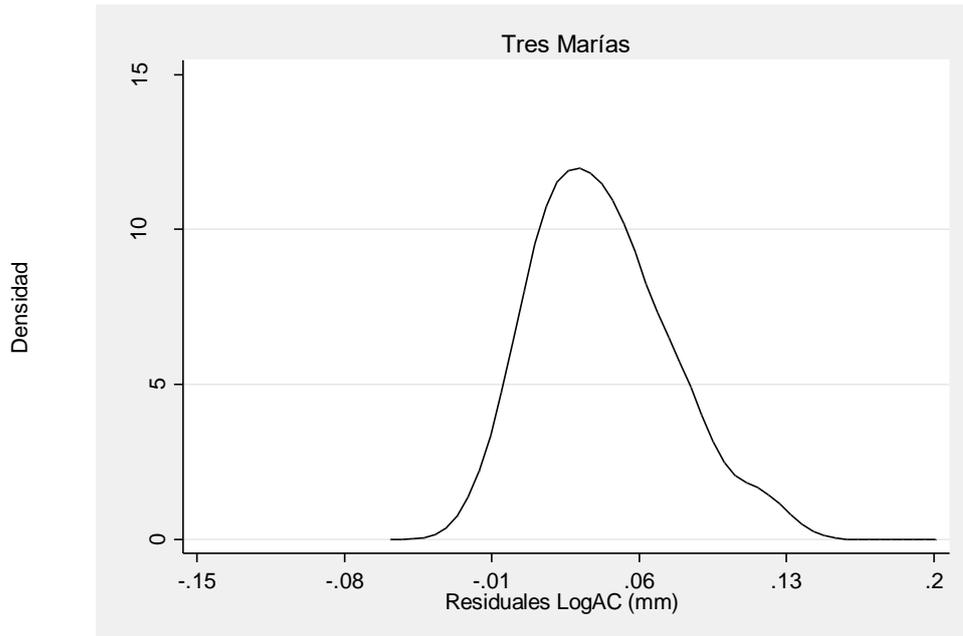


Figura 20. Ejemplo de curvas de densidad estimadas a partir del kernel gaussiano para los residuales del logaritmo del ancho de la cabeza para Tres Marías.

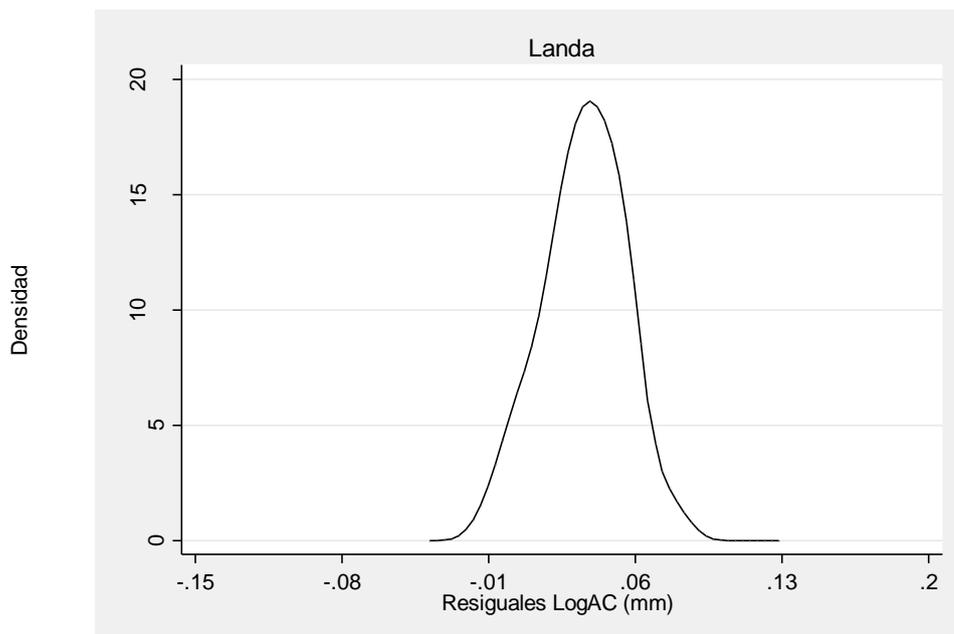


Figura 21. Curvas de densidad estimadas a partir del kernel gaussiano para los residuales del logaritmo del ancho de la cabeza para Landa.

Se aplicó el equivalente no paramétrico U de Mann-Whitney en los residuales de los valores logarítmicos del ancho de la cabeza. La prueba no detectó diferencias estadísticamente significativas entre los promedios de ambas variables ($U=477$; $Z=0.93$; $p=0.34$). La prueba de t-Student aplicada a los residuales de los valores

logarítmicos del largo de la cabeza indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre si ($t=0.22$; $g/= 65$; $p=0.08$). Por último, la prueba de t-Student para los residuales de los valores logarítmicos de la longitud del tronco tampoco reportan diferencias entre poblaciones ($t=1.47$; $g/=65$; $p=0.14$).

Discusión

Ninguna de las dos poblaciones incluidas en este estudio presentó dimorfismo sexual en el tamaño corporal. Este resultado se pudo visualizar *a priori* (Cuadro 2) en el tamaño corporal promedio de ambos sexos en las dos poblaciones. Un estudio previo (Lagunas-Cortez, 2014) realizado en el municipio de Huitzilac, Morelos con *P. indubitus* concuerda con lo reportado en el presente.

Camacho-Téllez (datos sin publicar) también encontró que *P. brevirostris* no presenta dimorfismo sexual en el tamaño corporal. Cabe señalar que *P. indubitus* esta cercanamente emparentada con *P. brevirostris* (Pavón-Vázquez *et al.*, 2018). Como se informó antes (véase antecedentes) el dimorfismo sexual en el género *Plestiodon* es muy heterogéneo. Esto es reflejo de una gran variación en la expresión de este atributo en las especies que integran a la familia Scincidae (Cox *et al.*, 2003).

Aunque en este trabajo no fue posible investigar los motivos por los cuales no hay dimorfismo sexual en tamaño, en investigaciones realizadas con especies de la familia Scincidae (*Carinascincus microlepidotus*, Olsson *et al.*, 2002) y con otros grupos de características físicas similares (*Phrynosoma*, Zamudio 1998) los autores proponen la idea de que dos o más presiones selectivas pudieran estar actuando simultáneamente. Esto es, por ejemplo, una presión puede favorecer un mayor tamaño corporal en un sexo y otra presión puede favorecer un tamaño corporal mayor en el otro sexo.

Los índices de dimorfismo sexual de *P. indubitus* (Lovich-Gibbons, 1992) concuerdan con la ausencia de dimorfismo sexual en tamaño corporal. Al realizar el cálculo de este índice con los datos de *P. lynxe* (en promedio: hembras= 60.66 mm, machos 57.14mm; datos obtenidos de Leal-Villanueva, 2016) el resultado es -0.06 sesgado hacia las hembras. El tamaño promedio de ambos sexos es menor que el tamaño promedio de ambas poblaciones de *P. indubitus*. Todo esto concuerda con la regla de Rensch, según la cual, el dimorfismo sexual en tamaño sesgado hacia las hembras se acentúa al reducirse el tamaño de la especie.

En Tres Marías y en Landa los machos tuvieron cabezas más anchas y largas que las hembras. Lagunas-Cortez (2014) reporta que *P. indubitus* presenta dimorfismo sexual sesgado hacia los machos en el ancho y largo de la cabeza. Algunos casos que concuerdan con esto son: *P. lynxe* (Leal-Villanueva, 2016); *P. laticeps* (Vitt y Cooper, 1984); *Mabuya multifasciata* (Ji *et al.*, 2006); *Tiliqua rugosa* (Bull y Pamula, 1996); y *Eulamprus quoyii* (Schwarzkopf, 2005).

Se han propuesto hipótesis para explicar el dimorfismo sexual en el ancho y largo de la cabeza. (i) La selección natural influyendo en la reducción de competencia intersexual por el alimento (Schoener, 1967). (ii) La selección sexual actuando en estructuras relacionadas con la competencia intrasexual (Anderson y Vitt, 1990). Sin embargo, “mordidas copulatorias” de machos a hembras es un comportamiento común en el género *Plestiodon* (*P. laticeps*, Vitt y Cooper, 1984; *P. anthracinus* y *P. fasciatus*; Pyron y Camp, 2007). Esto es, los machos utilizan las musculaturas craneales para sujetar a las hembras durante la cópula. Es

posible que los machos de *P. indubitus* reflejen este comportamiento, sin embargo, es necesario estudiar este aspecto.

En las dos poblaciones incluidas en este estudio se encontró dimorfismo sexual sesgado hacia las hembras en la longitud del tronco. Esta situación fue reportada para *P. indubitus* (Lagunas-Cortez, 2014), *P. lynxe* (Leal-Villanueva, 2016); *P. laticeps* (Vitt y Cooper, 1984); *M. multifascita* (Ji *et al.*, 2006); *Tiliqua rugosa* (Bull y Pamula, 1996); *Eulamprus quoyii* (Schwarzkopf, 2005).

Por su parte, en *P. indubitus* el dimorfismo sexual en la longitud del tronco puede ser explicado por la selección por fecundidad. Se cree que la selección natural opera en aquellas partes corporales que estén relacionadas con la reproducción. Particularmente, favoreciendo a aquellos individuos que, por medio de estas partes del cuerpo, aumenten su adecuación (Olsson *et al.*, 2002). Esto se puede visualizar en integrantes del género *Plestiodon*. Por ejemplo, en *P. tamdaoensis* las hembras presentan más escamas paraventrales que los machos (Hikida *et al.*, 2001).

Con ayuda de los cocientes de proporción (Cuadro 6) se puede observar un patrón en el dimorfismo sexual en la forma. Este es: machos con cabezas más largas y anchas y hembras con troncos más largos. Sin embargo, también existen excepciones a esta observación dentro de la familia Scincidae. Por ejemplo, en una población de *Trachilepis vittata* que se ubica al oeste de Irán (Rastegar-Pouyani y Fattahi, 2015), las hembras son el sexo más grande (longitud hocico-cloaca), y el que tiene cabezas más anchas y largas.

En contraste con lo reportado por Lagunas-Cortez (2014), en la población de Tres Marías el peso fue dimórfico, siendo los machos el sexo más pesado. Típicamente, el sexo más grande suele ser también el más pesado (Ji *et al.*, 2006; Leal-Villanueva, 2016). Sin embargo, existen casos en donde no hay un “sexo más grande” pero sí un “sexo más pesado”. En *Eulamprus quoyii* no hay dimorfismo sexual en tamaño corporal, pero, sí se reportan diferencias sexuales en el peso, siendo los machos más pesados que las hembras (Schwarzkopf, 2005). Estas diferencias se deben a trayectorias de crecimiento distintas. El autor señala que se debe a una ventaja muscular que facilita la cópula.

Las diferencias en las tasas de crecimiento son causa próxima que provoca dimorfismo sexual en la forma del cuerpo (Butler y Losos, 2002). En este estudio, al comparar las partes corporales dimórficas entre los sexos de una población, ambos sexos tuvieron relaciones alométricas y pendientes distintas. Esto es, el dimorfismo sexual en *P. indubitus* se debe a diferencias entre sexos en la velocidad con la cual se incrementa la longitud de una parte del cuerpo respecto al tamaño corporal.

Esta causa ecológica es una herramienta que con frecuencia se ocupa para explicar el dimorfismo sexual (Schwarzkopf, 2005, Rastegar-Pouyani y Fattahi, 2015, Leal-Villanueva, 2016). Su poder explicativo se debe a que las diferencias en las tasas de crecimiento son una forma sencilla y práctica de describir y entender las causas del dimorfismo sexual. Sin embargo, Fairbairn (1997)

sugiere tomar las explicaciones evolutivas y ecológicas como parte de un mismo “continuo”.

Por ejemplo, se ha relacionado el crecimiento hiperalométrico en estructuras de combate y exhibición en machos. Este tipo de crecimiento en estas partes del cuerpo pueden otorgar ventajas a los machos, de modo que, estas partes del cuerpo se encuentran bajo selección sexual (Emlen, 1996). El mismo contexto se puede visualizar en el crecimiento hiperalométrico de la longitud del tronco en hembras, que está sujeto a selección por fecundidad (Gibbons y Lovich, 1990). Esto sugiere que las diferencias alométricas producen dimorfismo sexual, y que éste se puede predecir mediante componentes del éxito reproductivo (Fairbairn, 1997).

Como se reportó con anterioridad, ninguna de las poblaciones de *P. indubitus* presento dimorfismo sexual en el tamaño corporal. Sin embargo, con la muestra de organismos de tamaño asintótico el dimorfismo sexual en tamaño corporal está sesgado hacia las hembras. Factores intrínsecos de la población pueden explicar esto. Por ejemplo, Stamps *et al.* (1997) mencionan que el dimorfismo sexual puede estar afectado por la densidad poblacional. También se debe tomar en cuenta la diferencia en los gastos energéticos destinados a la reproducción por parte de ambos sexos (Fairbairn *et al.*, 2007).

Debido al crecimiento asintótico de los reptiles, esta diferencia en la asignación energética puede acentuar el dimorfismo sexual en los organismos más longevos (Cox *et al.*, 2007). Esto es, si la asignación energética para la reproducción favorece o perjudica más a un sexo que al otro, el dimorfismo sexual se verá más acentuado en los animales más longevos. Por ejemplo, se ha descrito que las hembras de algunas especies necesitan metabolizar el doble que los machos (Cox *et al.*, 2007).

Es importante recordar que debido al crecimiento continuo en los reptiles las comparaciones entre poblaciones deben ser equitativas en la información disponible (Stamps y Andrews, 1992). Debido a esto se decide trabajar con el tamaño corporal que indica una estructura de edad. Esto es, una estructura particular fácil de identificar en ambas poblaciones (Stamps, 1993). Si bien, existe dimorfismo sexual en esta estructura particular no se puede asegurar que en *P. indubitus* existe dimorfismo sexual en tamaño ya que se excluye toda la variación temporal en la estructura de edades. Esta exclusión es deliberada solo para la comparación entre poblaciones.

Por lo tanto, tal vez haya dimorfismo sexual en tamaño en adultos más pequeños, pero no se pudo detectar por el tamaño de muestra pequeño, el bajo grado de dimorfismo en las poblaciones y probablemente la influencia de diferencias ecológicas entre ambos sexos (diferencias en tasas de mortalidad en machos y hembras).

Es común que la dirección y la modalidad del dimorfismo sexual sean constantes dentro de las poblaciones de la misma especie (Cox *et al.*, 2003). En las dos poblaciones de *P. indubitus* incluidas en este estudio, el dimorfismo sexual observado en el ancho, el largo de la cabeza y la longitud del tronco fue igual en

modalidad y en grado, a pesar de los climas contrastantes entre ambas poblaciones. Es posible que debido a los hábitos secretivos, al hábitat y/o a la inercia filogenética que presente en ambas poblaciones el dimorfismo sexual se mantenga constante.

McCoy *et al.* (1994), reportaron diferencias en la modalidad y el grado de dimorfismo sexual entre tres poblaciones de una misma especie. Estos autores se lo atribuyen a diferencias entre los hábitats en los cuales se distribuyen las tres poblaciones de *Crotaphytus collaris*. Slatkin (1984) menciona que es posible que la evolución del dimorfismo sexual este determinado por factores ecológicos.

En este estudio, el peso fue una variable dimórfica solo en la población de Tres Marías. Es importante recordar que, para este estudio, el peso es la masa total del organismo. Este resultado puede estar influenciado por diferentes causas: parasitismo (Rose *et al.*, 1989), la alimentación (Iskjaer *et al.*, 1989) y el ciclo reproductivo (Stamps, 1983). Una comparación de estas causas entre ambas poblaciones podría determinar las razones de esta variación geográfica.

Adicional a los objetivos de este trabajo se reporta variación geográfica en el tamaño corporal en *P. indubitus*. Los organismos encontrados en Tres Marías son más grandes que los encontrados en Landa. En ambas poblaciones las hembras son más grandes que los machos. Cabe resaltar que el tamaño corporal promedio de ambos sexos en Landa es menor que el promedio corporal de los machos de Tres Marías. Este grado de variación intraespecífica es muy llamativo.

Makarieva *et al.* (2005) encontraron que en organismos ectotermos el tamaño corporal disminuye de dos a tres veces cada que la temperatura del ambiente disminuye 10 grados. Esto debido a una compensación entre la disminución de la tasa metabólica provocada por la temperatura. Esto no concuerda con *P. indubitus* ya que en la población de Landa se encuentran los organismos más pequeños aun cuando la temperatura es mayor que en Tres Marías. La otra peculiaridad es que, en general, el comportamiento de *P. indubitus* tiende al termoconformismo (Moreno-Gutiérrez, 2011).

Las diferencias en los ciclos reproductivos (Lagunas-Cortez, 2014; Vázquez-Trejo, 2018) pueden influir en la variación en el tamaño corporal. Es probable que esto se deba a la temperatura. La oferta térmica de Landa le permite a esta población la posibilidad de alcanzar la madurez sexual más rápido. Durante todo el año, la temperatura ambiental en Landa es mayor que en Tres Marías (Figuras 1 y 2). En consecuencia, se espera que la tasa de crecimiento sea mayor en la Landa que en Tres Marías. De este modo el que la talla a la que se alcanza la madurez sexual sea menor en Landa que en Tres Marías sugiere que en la primera población los organismos alcanzan la madurez sexual a una edad más temprana. Si esto es así los escíncidos de Landa desviarán energía a la reproducción en una edad y tamaño menor que los escíncidos de Tres Marías.

Sin embargo, esta inferencia debe ser tomada con reserva ya que la variación geográfica en tamaño corporal también puede estar influenciada por la disponibilidad de refugios, depredación sesgada hacia los individuos de mayor

tamaño, mayor competencia interindividual provocada por mayor densidad poblacional, etcétera. Un estudio más amplio contemplando aspectos ecológicos como las tasas de depredación y de supervivencia podría aportar fundamentos claves en la descripción del patrón observado en *P. indubitus*.

Conclusiones

Las dos poblaciones de *P. indubitus* no presentaron dimorfismo sexual en tamaño corporal. Esto es común en especies del mismo género.

Los machos de ambas poblaciones tuvieron cabezas más grandes y anchas que las hembras. Esto se debe a diferencias sexuales en las tasas de crecimiento de estas partes del cuerpo.

La longitud del tronco fue mayor en las hembras que en los machos. Esta diferencia se debe a trayectorias de crecimiento distintas. Esta diferencia es muy notable.

Las trayectorias de crecimiento tienen un papel fundamental en la explicación del dimorfismo sexual.

Existe dimorfismo sexual en tamaño corporal sólo entre los organismos más grandes. Al excluir a la mayor parte de la variación temporal, no se puede asegurar que en *P. indubitus* existe dimorfismo sexual.

Se reporta variación geográfica en la modalidad de dimorfismo sexual en el peso. En Tres Marías los machos fueron el sexo más pesado. Es común encontrar especies sin dimorfismo sexual aparente, pero con un sexo más pesado.

Los ejemplares más grandes se encontraron en la población de Tres Marías. Las diferencias entre la oferta térmica de los ambientes se ven reflejadas en el ciclo reproductivo de ambas poblaciones. Es probable que esto genere variación geográfica en el tamaño corporal.

Referencias

- Akin, J. A. 1997. Intra- and inter-sexual aggression in the ground skink (*Scincella lateralis*). *Canadian Journal of Zoology*. **76**: 87-93.
- Andersson, M. 1994. Sexual selection. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, United States.
- Anderson, R. A. y L. J. Vitt. 1990. Sexual selection versus alternative causes of sexual dimorphism in teiid lizards. *Oecologia*. **84**: 145-157.
- Angarita-Sierra, T. G. 2009 Variación geográfica de *Ninia atrata* en Colombia (Colubridae: Dipsadinae). *Papéis Avulsos de Zoologia* **49**: 277-288.
- Atkinson, D. y R. M. Sibly. 1997. Why are organisms usually bigger in colder environments? Making sense of a life history puzzle. *Trends in Ecology and Evolution*. **12**: 235–239.
- Bergmann, C. 1847. Ueber die verhältnisse der wärmeökonomie der thiere zu ihrer grösse. *Göttinger studien*, **3**: 595–708.
- Bull, C. M. y Y. Pamula. 1996. Sexually dimorphic head sizes and reproductive success in the sleepy lizard *Tiliqua rugosa*. *Journal of Zoology London*. **240**: 511-521.
- Butler M.A. y J.B. Losos. 2002. Multivariate sexual dimorphism, sexual selection, and adaptation in Greater Antillean *Anolis* lizards. *Ecological Monographs*. **72**: 541-559.
- Clutton-Brock, T. H., P. H. Harvey y B. Rudder. 1977. Sexual dimorphism, sociometric sex ratio and body weight in primates. *Nature*. **269**: 797-800.
- Cooper, W. E. y L. J. Vitt. 1989. Sexual dimorphism of head and body size in an iguanid lizard: paradoxical results. *American naturalist*. **133**:729-735.
- Cowles, R. B. y C. M. Bogert. 1944. A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. **83**: 265-296.
- Cox, R. M., S. L. Kelly, y H. B. John-Alder. 2003. A comparative test of adaptive hypotheses for sexual size dimorphism in lizard. *Evolution*, **57**, 1653-1669.
- Cox, R. M., S. L. Kelly, y H. B. John-Alder. 2007. The Evolution of sexual size dimorphism in reptiles. Pp. 38-49. *En*: Fairbairn, D. J., W. U. Blanckenhorn. y T. Székely. Eds: Sex, size and gender roles: evolutionary studies of sexual size dimorphism. Oxford University Press. Reino Unido.

- Darwin, C. R. 1874. The descent of man, and selection in relation to sex. 2d ed. John Murray, Londres.
- Emlen, D. 1996. Artificial selection on horn length-body size allometry in the horned beetle *Onthophagus acuminatus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Evolution*. **50**: 1219-1230.
- Esperk, T., T. Tammaru., S. Nylin. y T. Teder. 2007. Achieving high sexual size dimorphism in insects: females add instars. *Ecological Entomology*. **32**: 243- 256.
- Fairbairn, D. J. 1997. Allometry for sexual size dimorphism: Pattern and process in the coevolution of body size in males and females. *Annual Review of Ecology and Systematics*. **28**: 659-687.
- Fairbairn, D. J., W. U. Blanckenhorn y T. Székely. 2007. Sex size and gender roles: evolutionary studies of sexual size dimorphism. Pp. 266. *Oxford University Press*. London, UK.
- Feria-Ortiz, M., N. L. Manríquez-Morán y A. Nieto-Montes de Oca. 2011. Species limits based on mtDNA and morphological data in the polytypic species *Plestiodon brevirostris* (Squamata: Scincidae). *Herpetological Monographs*. **25**: 25-51.
- Forsman, B. 1991. Variation in sexual size dimorphism and maximum body size among adder populations: effects of prey size. *Journal of Animal Ecology*. **60**: 253-267.
- Frynta, D., J. Baudysová, P. Hradcová, K. Faltusová. y L. Kratochvíl. 2012. Allometry of sexual size dimorphism in domestic dog. *Plos one*. **7**: e46125.
- Gibbons, W, J. y J. E. Lovich. 1990. Sexual dimorphism in turtles with emphasis on the slider turtle (*Trachemys scripta*). *Herpetological Monographs*. **4**: 1-29.
- Griffith, H. 1991. Heterochrony and evolution of sexual dimorphism in the *fasciatus* group of the scincid genus *Eumeces*. *Journal of Herpetology*. **25**: 24-30.
- Herczeg, G., A. Gonda. y J. Merilä. 2010. Rensch's rule inverted female-driven gigantism in nine-spined stickleback *Pungitius pungitius*. *Journal of Animal Ecology*. **79**: 581-588.
- Hernández-Salinas, U., A. Ramírez-Bautista., A. Leyte-Manrique y G. R. Smith. 2010. Reproduction and Sexual Dimorphism in Two Populations of *Sceloporus grammicus* (Sauria: Phrynosomatidae) from Hidalgo, Mexico. *Herpetologica*. **66**: 12-22.

- Hikida, T., M. W. Lau y H. Ota. 2001. A new record of the vietnamese five-lined skink, *eumeces tamdaonensis* (Reptilia: Scincidae), from Hong Kong, China, with special reference to its sexual dimorphism. *The Natural history Journal of Chulalong Korn University*. **1**: 9-13.
- Houston, D. y R. Shine. 1993. Sexual dimorphism and niche divergence: feeding habits of the Arafura filesnake. *Journal of Animal Ecology*. **62**: 737-748.
- INEGI. 2009a. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tres Marías, Huitzilac, Morelos. Clave geoestadística 17009.
- INEGI. 2009b. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Landa, Taxco, Guerrero. Clave geoestadística 12055.
- Iskjaer, C., N. A. Slade, J. E. Childs, G. E. Glass y G. W. Korch. 1989. Body mass as a measure of body size in small mammals. *Journal of Mammalogy*. **70**: 662-667.
- Ji, X., L. H. Lin, C. X. Lin, Q. B. Qiu y Y. Du. 2006. Sexual dimorphism and female reproduction in the many-lined sun skink (*Mabuya multifasciata*) from China. *Journal of Herpetology*. **40**: 351-357.
- Johnston, R. F. y R. K. Selander. 1973. Evolution in the house sparrow. III. Variation in size and sexual dimorphism in Europe and North and South America. *American Naturalist*. **107**: 373-390.
- John-Alder, H. B., R. M. Cox. y E. N. Taylor. 2007. Proximate developmental mediators of sexual dimorphism in size: case studies from squamate reptiles. *Integrative and Comparative Biology*. **47**: 258-271.
- Katsikaros, K. y R. Shine. 1997. Sexual dimorphism in the tusked frog, *Adelotus brevis* (Anura: Myobatrachidae): the roles of natural and sexual selection. *Biological Journal of the Linnean Society*. **60**: 39-51.
- 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*. **76**: 303-314.
- Lagunas-Cortés, A. I. 2014. Ciclos reproductivos y de lípidos de la lagartija vivípara *Plestiodon indubitus* (Scincidae) al noreste del estado de Morelos. Tesis de licenciatura. Facultad de estudios superiores Zaragoza. Universidad Nacional autónoma de México. México.
- Leal-Villanueva, I. F. 2016. Dimorfismo sexual de *Plestiodon lynxe* (Squamata: Scincidae), en el municipio de Ixtacamaxtitlán, Puebla. Tesis de

- licenciatura. Facultad de estudios superiores Zaragoza. Universidad Nacional autónoma de México. México.
- Lin, Z. H. y 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**: 304-310.
- Lindsey, C. C. 1966. Body sizes of poikilotherm vertebrates at different latitudes. *Evolution* **20**: 456–465.
- Lleonart J., J. Salat y G. J. Torres. 2000. Removing allometric effects of body size in morphological analysis. *Journal of Theoretical Biology*. **205**: 85-93.
- Lovich, J. E. y J. W. Gibbons. 1992. A review of techniques for quantifying sexual size dimorphism. *Growth Development Aging* **56**: 269-281.
- Lovich, J. E., C. H. Ernest, R. T. Zappalorti y D. W. Herman. 1998. Geographic variation in Growth and sexual size dimorphism of bog turtles (*Clemmys muhlenbergii*). *American Midland Naturalist* **139**: 69-78.
- Makarieva, A. M., V. G. Gorshkov y L. Bai-Lian. 2005. Gigantism, temperature and metabolic rate in terrestrial poikilotherms. *Proceedings of the Royal Society B*. **272**: 2325-2328.
- McCoy, K., S. F. Fox y T. A. Baird. 1994. Geographic variation in sexual dimorphism in the collared lizard, *Crotaphytus collaris* (Crotaphytidae). *The Southwestern Naturalist*, Vol. 39 No. 4 328-335.
- Meiri, S. y G. H. Thomas. 2007. The geography of body size – challenges of the interspecific approach. *Global Ecology and Biogeography*, **16**: 689-693.
- Moore, A. J. 1990. The evolution of sexual dimorphism by sexual selection: the separate effects of intrasexual selection and intersexual selection. *Evolution* **44**: 315-333.
- Moreno-Gutiérrez, O. 2011. Ecología térmica de una población de *Plestiodon brevirostris indubitus* (Scincidae) al noreste del estado de Morelos. Tesis de licenciatura. Facultad de estudios superiores Zaragoza. Universidad Nacional autónoma de México. México.
- Mosimann, J. 1970. Size allometry: size and shape variables with characterizations of the lognormal and generalized gamma distributions. *Journal of the American Statistical Association*. **65**. 930-945.
- Mousseau, T. A. 1997. Ectotherms follow the converse to Bergmann's rule. *Evolution*. **51**: 630–632.
- Olsson, M. y T. Madsen. 1998. Sexual selection and sperm competition in

- reptiles. Pp 503-564 en T. R. Brikhead y A. P. Moller, eds. Academic Press, London.
- Olsson, M., R. Shine, E. Wapstra, B. Ujvari y T. Madsen. 2002. Sexual dimorphism in lizard body shape: the roles of sexual selection and fecundity selection. *Evolution*. **56**: 1538-1542.
- Pavón-Vázquez, C. J., U. O. García-Vázquez, R. W. Bryson, M. Feria-Ortiz, N. L. Manríquez-Móran y A. Nieto-Montes de Oca. 2018. Integrative species delimitation in practice: Revealing cryptic lineages within the short-nosed skink *Plestiodon brevirostris* (Squamata: Scincidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. **129**: 242-257.
- Pearson, D. R., R. Shine. y A. Williams. 2002. Geographic variation in sexual size dimorphism within a single snake Species (*Morelia spilota*, Pythonidae). *Oecologia*. **131**: 418-426.
- Polák, J. y D. Frynta. 2010. Patterns of sexual size dimorphism in cattle breeds support Rensch's rule. *Evolutionary Ecology*. **24**: 1255-1266.
- 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.
- Ralls, K. 1976. Mammals in which females are larger than males. *Quarterly Review of Biology*. **51**: 245-276.
- Ralls, K. 1997. Sexual dimorphism in mammals: avian models and unanswered questions. *The American Naturalist*. **111**: 917-938.
- Ralls, K. y P. H. Harvey. 1985. Geographic variation in size and sexual dimorphism of North American weasels. *Biological Journal of the Linnean Society*, **25**: 119-167.
- Rastegar-Pouyani, N. y R. Fattahi. 2015. Sexual dimorphism in *Trachylepis vittata* (Oliver, 1804) (Sauria: Scincidae) in the Zagros Mountains, western Iran. *Turkish Journal of Zoology*. **39**: 59-65.
- Rensch, B. 1960. Evolution above the Species level. Columbia University Press. Estados Unidos.
- Ritke, M. E. y M. L. Kennedy. 1993. Geographic variation of sexual dimorphism in the raccoon *Procyon lotor*. *American Midland Naturalist*. **129**: 257-265.
- Rose, F. L., D. R. Long, D. B. Pence y D. Wade. 1989. Oxyurid infection of yellow mud turtles (*Kinosternon flavescens*) and correlated reductions of turtle viability. (Abs) 65th Annual Meeting. *Pennsylvania Academy of Science*. Pocono, Pennsylvania. Pp. 58
- Rzedowski, J. 1994. Vegetación de México. LIMUSA. México.

- Salgado-Ugarte, I. H. 2002. Suavización no paramétrica para análisis de datos. F.E.S. Zaragoza y DGAPA (PAPIIT IN217596), 139p. (7 capítulos). I.S.B.N. 970-32-0292-6.
- Salgado-Ugarte, I. H. 2013. Métodos estadísticos exploratorios y confirmatorios para análisis de datos. Un enfoque biométrico. F.E.S. Zaragoza y DGAPA (PAPIME PE205407), 307p. (14 capítulos, 2 apéndices). I.S.B.N. 978-607-02-3590-0.
- Sánchez-turcios, A. 2015. T-Student. Usos y abusos. *Revista mexicana de cardiología*. **26**: 59-61.
- Schoener, T. W. 1967. The ecological significance of sexual size dimorphism in the lizard *Anolis conspersus*. *Science*. **155**: 474-477.
- Schwarz, T. 19 de mayo de 2018a. Climate-data. Recuperado de: <http://es.climate-data.org/location/1027534/>
- Schwarz, T. 19 de mayo de 2018b. Climate-data. Recuperado de: <http://es.climate-data.org/location/28390/>
- Schwarzkopf, L. 2005. Sexual dimorphism in body shape without sexual dimorphism in body size in water skinks (*Eulamprus quoyii*). *Herpetologica*. **61**: 116-123.
- Shine, R. 1991. Intersexual dietary divergence and the evolution of sexual dimorphism in snakes. *The American Naturalist*. **138**: 103-122.
- Sikes, R. S., y M. L. Kennedy. 1993. Geographic variation in sexual dimorphism of the bobcat (*Felis rufus*) in the Eastern United States. *Southwestern Naturalist*. **28**: 336-344.
- Slatkin, M. 1984. Ecological causes of sexual dimorphism. *Evolution*, **38**: 622-630
- Stamps, J. A. 1983. Sexual selection, sexual dimorphism and territoriality. En: R. b. Huey, E. R. Pianka y T. W. Schoener (Eds.), Lizard ecology studies of a model organism. *Harvard University Press*. Cambridge, MA. 169-204.
- Stamps, J. A. 1993. Sexual size dimorphism in species with asymptotic growth after maturity. *Biological Journal of the Linnean Society*, **50**: 123-145.
- Stamps, J. A. y R. M. Andrews. 1992. Estimating asymptotic size using the largest individuals per sample. *Oecologia*. **92**: 503-512.
- Stamps, J. A., J. B. Losos y R. M. Andrews. 1997. A comparative study of population density and sexual size dimorphism in lizards. *The American Naturalist*. **149**: 64-90.

- Stillwell, R. C. y C. W. Fox. 2009. Geographic variation in body size, sexual size dimorphism and fitness components of a seed beetle: local adaptation versus phenotypic plasticity. *Journal compilation* **118**: 703-712.
- Stillwell, R. C., G. E. Morse. y C. W. Fox. 2007. Geographic variation in body size and sexual size dimorphism of a seed-feeding beetle. *The American Naturalist*. **170**: 358-369.
- Sullivan, B. K. Parasites and sexual selection: separating causes and effects. *Herpetologica*. **45**: 250-264.
- Szwarzkopf, L. 2005. Sexual dimorphism in body shape without sexual dimorphism in body size in wáter skinks (*Eulamprus quoyii*). *Herpetologica*. **61**: 116-123.
- Szekely, T., T. Lislevand y J. Figueroa. 2007. Sexual size dimorphism in birds. Pp. 27-37. *En*: Fairbairn, D. J., W. U. Blanckenhorn. y T. Székeley. Eds: Sex, size and gender roles: evolutionary studies of sexual size dimorphism. Oxford University Press. Reino Unido.
- Tinkle, D. W., H. M. Wilbur, y S. G. Tilley. 1970. Evolutionary strategies in lizard reproduction. *Evolution*, **24**: 55-74.
- Valencia-Limón, E. R., R. Castro-Franco y M. G. Bustos-Zagal. 2014. Dimorfismo sexual y cuclo reproductor de *Sceloporus horridus horridus* (Wiegmann 1939) (Sauria: Phrynosomatidae). *Acta Zoológica Mexicana*. **30**: 91-115.
- Vázquez-Trejo, K. A. 2018. Ciclos reproductivos y de los cuerpos grasos de la lagartija vivípara *Plestiodon indubitus* (Scincidae) en el poblado de Landa, municipio de Taxco de Alarcón, Guerrero. Tesis de licenciatura. Facultad de estudios superiores Zaragoza. Universidad Nacional autónoma de México. México.
- Vitt, L. y W. Cooper. 1985. The evolution of sexual dimorphism in the skink *Eumeces laticeps*: An example of sexual selection. *Journal of Zoology*. **63**: 995-1002.
- Zamudio, K. R. 1998. The Evolution of female-biased sexual size dimorphism: a population-level comparative study in horned lizards (*Phrynosoma*). *Evolution*. **56**: 1821-1833.
- Zhang, Y. y X. Ji. 2004. Sexual dimorphism in head size and food habits in the blue-tailed skink *Eumeces elegans*. *Acta Zoologica Sinica*. **50**: 745-7