



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

CARRERA DE BIOLOGÍA

Ciclos reproductivos y de lípidos de la lagartija  
vivípara *Plestiodon indubitus* (Scincidae) al Noroeste  
del Estado de Morelos.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A

**Ana Iris Lagunas Cortés**

**Director de Tesis: Dr. Manuel Feria Ortiz**



México, D.F.

Junio 2014

## DEDICATORIA

A mis padres, por darme los valores, la educación y las armas para ser una mujer independiente.

Porque este trabajo es el resultado de todos sus esfuerzos y sacrificios.

Pero sobre todo, por su amor incondicional.

A mi novio y amigo, Daniel Andrade, por enseñarme a tener confianza en mí.

Porque sin su apoyo no me hubiera sido posible terminar este trabajo.

Por su amor que me impulsa cada día a ser una mejor persona.

A.I.L.C.

## **A G R A D E C I M I E N T O S**

Agradezco enormemente al Dr. Manuel Feria Ortiz por todo su apoyo y paciencia, por sus consejos, sus críticas y sobre todo por haberme permitido continuar mi proyecto a pesar de las largas pausas.

Al Dr. Isaías Salgado Hugarte, gracias por sus valiosas observaciones y sobre todo por sus aportaciones al análisis estadístico de este trabajo, pues sin ellas nunca hubiera estado terminado.

A los sinodales, Dr. Antonio Alfredo Bueno Hernández, Biól. María de Carmen Salgado Merendiz y Biól. Cristóbal Galindo Galindo, gracias por todas sus correcciones para mejorar este trabajo y hacer posible que al fin esté terminado.

A mis hermanos, Noé y Andrómeda, por estar siempre al pendiente de mí progreso, pero sobre todo, por acompañarme siempre en los momentos más importantes de mi vida y compartirlos con todo el cariño que nos une.

A mis tíos, Victor Cosme y Ricarda Romero, por darme un segundo hogar durante mis años de carrera, fueron cuatro años en los que me dieron, más que un techo, la oportunidad de seguir estudiando, pues sin su apoyo y cariño no habría logrado llegar a este momento. Gracias Tía por todas las veces que me acompañó en las madrugadas en mi camino a pesar de los riesgos, por siempre estar al pendiente de mi progreso y sobre todo, por ser una segunda madre, no tengo manera de pagarle por todo lo que ha hecho por mí.

A.I.L.C.

## ÍNDICE

<b>Introducción</b> .....	1
Dimorfismo sexual morfométrico .....	3
Tamaño de camada .....	5
Ciclo de los lípidos .....	6
<b>Antecedentes</b> .....	8
<b>Justificación</b> .....	9
<b>Objetivos</b> .....	10
<b>Descripción de la especie</b> .....	11
<b>Descripción del área de estudio</b> .....	12
<b>Método</b> .....	14
Muestreo – Trabajo de campo .....	14
Trabajo de laboratorio – Obtención de datos .....	16
Análisis estadístico .....	18
<b>Resultados</b> .....	22
Dimorfismo sexual .....	22
Ciclo reproductivo de las hembras .....	29
Ciclo ovárico .....	29
Gestación y tamaño de camada .....	33
Desarrollo embrionario .....	36
Ciclo de cuerpos grasos .....	39
Ciclo del hígado en hembras .....	41
Talla a la madurez sexual .....	43
Ciclo reproductivo en los machos .....	45
Ciclo testicular .....	45

Ciclo de los cuerpos grasos en machos .....	47
Ciclo del hígado en machos .....	49
<b>Discusión</b> .....	50
Dimorfismo sexual .....	50
Ciclo reproductivo en hembras .....	53
Ciclo de los cuerpos grasos en hembras .....	54
Gestación y tamaño de camada .....	54
Edad y talla a la madurez sexual .....	55
Ciclo reproductivo en machos .....	57
Ciclo de los cuerpos grasos en machos .....	58
<b>Conclusión</b> .....	59
<b>Literatura citada</b> .....	60

## INTRODUCCIÓN

La historia de vida de una especie está compuesta de rasgos importantes formados por la evolución, tales como el tiempo en el que se alcanza la madurez sexual, cuántos descendientes puede tener, cuánto tiempo puede vivir, y la capacidad de los organismos para conseguir el alimento que necesitan para sobrevivir. Estos rasgos están directamente relacionados con la adecuación de los organismos y en conjunto representan estrategias para sobrevivir en un ambiente dado (Smith, 1994). Los rasgos de historias de vida varían ampliamente entre las especies, y se ha detectado que gran parte de la variación es resultado de la adaptación a nichos ecológicos particulares (Fitch, 1970). Existen diversos factores que afectan las historias de vida de las especies, entre los que están la disponibilidad de alimento, factores ambientales como precipitación y temperatura, y la estrategia reproductiva (Ramírez-Bautista, 1998; Valdéz-González y Ramírez-Bautista, 2002; Méndez de la Cruz, 1988; Ramírez-Bautista et al., 2002; Ramírez-Pinilla, 1991).

Esta última no es más que el modo adoptado por una especie para reproducirse en un ambiente determinado (Fitch, 1970). Los ciclos reproductivos de las especies están determinados por diversas características que en conjunto se consideran como indicadoras de sus historias de vida (Guillette y Sullivan, 1985). Entre las características involucradas se encuentran el modo reproductivo (si la especie es ovípara o vivípara), los tiempos particulares en los que ocurren la copulación, ovulación y la oviposición o parto (nacimiento de las crías) y la duración y el tiempo en el que ocurre la gestación o incubación de los huevos. También se han detectado factores externos que regulan los ciclos reproductivos. Entre estos factores se encuentran la temperatura y la precipitación, la abundancia o escases de alimento, e incluso el ambiente social (Fitch, 1970; Ballinger, 1977; Dunham, 1982).

Particularmente en el caso de los reptiles, uno de los principales factores que influyen sus ciclos reproductivos es la variación en el modo reproductivo (en términos generales oviparidad y viviparidad) (Fitch, 1970). Primitivamente los escamosos son ovíparos, y los huevos requieren semanas e incluso meses de incubación para completar el desarrollo embrionario. Sin embargo muchos linajes de reptiles, de manera independiente, han evolucionado hacia la viviparidad, un proceso que ha involucrado la retención temporal de huevos fertilizados en los oviductos con la consecuente ovoposición de huevos con desarrollo embrionario aún no totalmente terminado (Guillette, 1982; Huey, 1977; Tinkle y Gibbons, 1977), así como el desarrollo de diferentes

estructuras de varios grados de complejidad para la transferencia de materiales entre la madre y las crías (Fitch, 1970).

El ciclo reproductivo de los reptiles y en específico de las lagartijas es afectado por diferentes estímulos ambientales. Las variables ambientales incluyen la viabilidad de alimento, precipitación y temperatura; y las características afectadas incluyen la velocidad de crecimiento, tamaño y frecuencia de la camada, edad y tamaño de la madurez sexual (Ramirez-Bautista, 1995; Ballinger, 1977; Dunham, 1982).

Se distinguen tres tipos generales de ciclos reproductivos: asociados, disociados y continuos (Pough *et al.*, 2004). Los ciclos continuos se presentan en ambientes tropicales donde no existe variación estacional y donde los organismos se pueden reproducir a lo largo de todo el año. Ejemplos de especies que presentan este patrón son *Cosymbotus platyurus*, *Hemidactylus frenatus*, *Peropus mutilatus* (Church, 1962), *Phyllodactylus tuberculatus* (Hoddenbach, 1966) y *Anolis trinitatus* (Litch, 1970). En el caso contrario, la actividad reproductiva se concentra en determinada época del año debido a la estacionalidad marcada en el ambiente. En este escenario, la actividad reproductiva puede ser asociada o disociada; es asociada cuando la producción de esperma coincide con la ovulación. Por el contrario un ciclo disociado implica el almacenamiento de esperma por la hembra hasta el momento de la ovulación, momento en el que ocurrirá la fertilización, tal es el caso del scincido *Plestiodon copei* (Ramirez-Bautista, 1996).

Los estudios sintéticos realizados por Tinkle (1969) y Tinkle et al. (1970) permitieron una agrupación distinta de las lagartijas, esta vez utilizando rasgos relacionados con la reproducción de las mismas (tales como tamaño corporal de los adultos, longevidad, edad en la que se alcanza la madurez sexual, tamaño de camada, tamaño de las crías al nacer). Distinguieron dos tipos de estrategias reproductivas: 1) Lagartijas relativamente pequeñas de madurez temprana, vidas cortas y muy fértiles, y 2) lagartijas relativamente grandes de madurez tardía, con más tiempo de vida y poco prolíficas. Asimismo, determinaron que las lagartijas de regiones templadas tienen diferentes patrones reproductivos que aquellas que viven en regiones tropicales. Por ejemplo, las lagartijas de zonas templadas tienden a tener madurez tardía, tamaño de camada más grande y periodos reproductivos más cortos que las lagartijas que habitan en regiones tropicales (Tinkle et al., 1970; Ramirez-Bautista et al., 1995, Ramírez-Bautista, 2002).

Por otro lado, Guillette y Casa- Andreu (1980) puntualizaron que la actividad reproductiva otoñal, donde gametogénesis, cortejo, copulación y fertilización ocurren en otoño, la gestación durante el invierno y el parto en primavera, es común en lagartijas vivíparas que habitan en grandes elevaciones en zonas templadas, (Goldberg, 1971; Ballinger, 1973; Guillette, 1983; Guillette y Casas-Andreu, 1987).

Muchos otros estudios han indicado que la ventaja principal de la actividad reproductiva otoñal es la protección de los embriones de las bajas temperaturas por parte de la hembra y la producción de neonatos en el momento (primavera) en que las reservas de alimento son abundantes (Ballinger, 1973; Guillette, 1983; Ramírez-Bautista et al., 1998; Feria-Ortíz et al., 2001). Además, en los ambientes fríos, la hembra puede regular la temperatura de sus embriones en desarrollo (Andrews and Rose, 1994; Andrews et al., 1999). Adicionalmente, la gravidez de las hembras reduce el riesgo de depredación al mantenerse grávida en un tiempo en el que el riesgo de depredación es presumiblemente bajo (Shine, 1980). Otra de las ventajas de esta estrategia reproductiva es que los neonatos nacen al inicio de la época favorable y esto les permite crecer y alcanzar el tamaño mínimo para la madurez sexual en su primera temporada reproductiva (Ferguson et al., 1982; Smith et al., 1994; Ramírez-Bautista et al., 1996).

### **Dimorfismo Sexual Morfométrico**

En términos simples, el Dimorfismo Sexual se refiere a las diferencias en apariencia (por ejemplo, en tamaño y forma del cuerpo) entre machos y hembras de la misma especie, y constituye un fenómeno común entre los animales. Sin embargo no es generalizado ya que existen muchas especies en las cuales no es posible distinguir entre los sexos (Slodki y Valdecantos, 2011).

En particular en el caso de los lagartos el dimorfismo se evidencia de varias maneras: (i) en el tamaño corporal. En muchas especies el macho es más grande que la hembra si bien en otras ocurre lo contrario, (ii) en la presencia-ausencia de estructuras: uno de los sexos puede poseer expansiones gulares, crestas u otros caracteres ornamentales que resultan útiles en actividades tales como apareamiento o defensa,(iii) en diferentes proporciones morfométricas corporales, (iv) en el patrón de diseño de la piel o en la coloración. De los anteriores, el tamaño del cuerpo ha sido

el tema más abordado en las publicaciones, y se han tratado de descifrar los procesos subyacentes al dimorfismo (Slodki y Valdecantos, 2011).

Se han propuesto diferentes hipótesis para explicar el origen y manutención del dimorfismo sexual en rasgos particulares. Por ejemplo, se ha argumentado (y en algunas casos demostrado) que las diferencias sexuales en tamaño pueden ser resultado de selección sexual (intra o intersexual), la selección natural y/o diferencias sexuales en demandas energéticas (Shine et al., 1988).

En general el dimorfismo sexual puede ser un indicador de la historia natural de una especie y estar relacionado con diferentes funciones ecológicas (como dieta, termorregulación, reproducción). Por otro lado, las causas del dimorfismo sexual pueden tener significancia etológica como las relacionadas al cortejo y la defensa del espacio en machos y por la lucha relacionada a la elección de sitios de puesta en las hembras cuando el espacio es reducido (Stebbins et al., 1967; Stamps, 1977). Autores como Butler et al., (2000 y 2002) establecen que los sexos pueden adaptarse en forma diferencial al ambiente, por lo tanto, los machos y las hembras y su diferenciación morfométrica, pueden interactuar de manera distinta con el hábitat.

En reptiles escamosos la medida más ampliamente usada para expresar el dimorfismo en tamaño corporal es la longitud hocico cloaca (LHC), la cual es la longitud de la punta del hocico hasta el margen posterior de la cloaca. En consecuencia, en las especies de este grupo, el dimorfismo en longitud de cuerpo comúnmente representa al dimorfismo en tamaño corporal (si bien la LHC es un valor bidimensional y el tamaño es una característica tridimensional). No obstante, junto con el peso corporal, proporciona un indicador confiable del dimorfismo en tamaño corporal. Similarmente, el dimorfismo en la forma del cuerpo se describe a través de diferencias sexuales en dimensiones corporales particulares básicas como la longitud de la cabeza y del tronco (Cánovas et al., 2006; Slodki y Valdecantos, 2011). En este estudio se seguirá este enfoque tradicional pero se reconoce que otros enfoques (V. gr., morfometría geométrica) pueden complementar esta contribución.

## Tamaño de camada

El tamaño de la camada puede ser determinado por conteo de folículos vitelogénicos, huevos en el oviducto y embriones en el útero. Sin embargo, el método más exacto es permitir que las hembras tengan a sus crías y entonces contar en número de descendientes que deja una hembra particular. El tamaño de camada es considerado por muchos autores como un elemento importante de la estrategia reproductiva de una población, ya que el tamaño de camada debe asegurar la permanencia continua de un linaje (secuencia de poblaciones antecesoras y descendientes a través del tiempo evolutivo) en un ambiente dado.

Muchas especies de lagartijas poseen tamaños de camada constantes. Por ejemplo, las especies del género *Anolis* únicamente ponen un huevo en cada puesta, los gecónidos poseen solo uno o dos huevos (Vitt y Zani, 1997). Sin embargo, en la mayoría de las especies de lagartijas, el tamaño de nidada (o camada) es variable y en muchos casos se ha detectado una relación positiva entre la LHC y el tamaño de nidada (King, 2000; Ramírez-Bautista, 1996; Méndez de la Cruz et. al., 1996). En varias especies que exhiben esta relación, el tamaño de la cría no varía con el tamaño de puesta o camada. Sin embargo, en otras especies se ha detectado un conflicto entre el tamaño y el número de descendientes. Si la disponibilidad del alimento es limitada, se espera que se produzcan pocos descendientes relativamente grandes o varios pero pequeños (Uller y Olson, 2005).

En el caso contrario, de no encontrarse relación alguna entre el tamaño de la camada y la LHC de la hembra, tal vez se deba a una reducción en el número de crías y a un aumento en el tamaño de éstas, lo que usualmente está asociado a la viviparidad. Se ha mencionado en diversos estudios que la viviparidad surgió debido al incremento gradual en la retención de huevos (Guillette, 1982; Guillette Jr., 1993), por lo que se tuvieron que haber dado algunos cambios en la estrategia reproductiva de las especies a través de generaciones, dando lugar a un cambio en el tamaño de la camada, o bien, existe la posibilidad de que la viviparidad solo pueda evolucionar en poblaciones de especies donde ya se haya dado una reducción en el tamaño de la camada y en el número de camadas por año (Guillette, 1982).

Aunado a lo anterior, el descenso en el número de camadas por año que se ha registrado en especies vivíparas, puede ser consecuencia del incremento en el tiempo de gestación (Tinkle y

Gibbons, 1977), por otra parte, menos crías por camada permitiría a los huevos un crecimiento natural después de la ovulación, ya que tiende a triplicar su tamaño debido a la captación de agua y al crecimiento embrionario (Bellairs, 1971; Guillette, 1982), y sabiendo que las hembras retienen los huevos hasta el final de la gestación, asegurar un adecuado espacio para la expansión resulta ventajoso.

### **Ciclo de los lípidos**

En general, los reptiles que habitan en ambientes con clima estacional tienden a almacenar energía en épocas del año cuando la disponibilidad de alimento es abundante. La energía (principalmente lípidos) se almacenan en estructuras del cuerpo tales como cuerpos grasos, hígado, cola y tejido subcutáneo (Derickson, 1976). Posteriormente, esta reserva se utiliza en respuesta a las demandas energéticas para la supervivencia y la reproducción (Goldberg, 1972; Selcer, 1987; Ramírez-Bautista, 1995; Ramírez-Bautista, 2006).

Los cuerpos grasos de las lagartijas son masas de tejido adiposo que están ubicadas en la cavidad peritoneal cerca del recto (Ramírez-Bautista, 1995; Ramírez-Bautista, 2006), mientras que el hígado es un órgano de color rojo oscuro compuesto de varios lóbulos que se encuentra en la cavidad torácica del cuerpo de las lagartijas (Ramírez-Bautista, 1995). Este órgano tiene un rol inmunológico y además interviene en el metabolismo de la glucosa (DeMarco y Guillette, 1992; Ramírez-Bautista, 2009). En muchas especies de lagartijas también es un centro de producción de vitelogenina, el principal componente del vitelos de los huevos.

En 1976 Derickson señaló cuatro tipos de ciclos de lípidos de acuerdo a su utilización. El primero corresponde a la ausencia del ciclo como tal, este patrón ha sido observado en especies que habitan en regiones tropicales donde las condiciones son adecuadas para reproducirse durante todo el año, por lo que no existe una necesidad real para almacenar energía. Otro tipo de ciclo lo poseen especies que usan su energía almacenada únicamente para propósitos de manutención durante el invierno. Tal es el caso de *Anolis carolinensis*, la cual almacena lípidos durante la época de reproducción y después de ella (Dessauer, 1955); otros ejemplos son *Sceloporus graciosus* (Mueller's, 1969) y *Lacerta vivipara* (Avery, 1970), en ambos casos el total de los lípidos del cuerpo fue mucho más alto antes del periodo de hibernación que después del mismo. En el tercer ciclo el

almacenamiento de lípidos ocurre antes de la actividad reproductiva, y se usan durante la misma (v. gr., para apoyar eventos tales como crecimiento folicular o apareamiento). Por último, existen especies que utilizan la energía almacenada tanto para la hibernación como para la reproducción, en algunos casos se usa el 50% de los lípidos para la hibernación y el restante para la reproducción, como en el caso de *Takydromus tachydromoides* (Telford, 1970); por otro lado *Cnemidophorus tigris* utiliza alrededor de 70% de los lípidos para apoyar actividades relacionadas con la reproducción y solo el 30% para manutención durante la hibernación (Gaffney y Fitzpatrick, 1973).

Existen factores que afectan el ciclo de los lípidos. Entre estos es particularmente importante la disponibilidad de alimento. Su efecto dependerá de la modalidad con la que ocurra la disponibilidad (tiempo, cantidad). Puede: (i) determinar si el organismo almacena o no lípidos, (ii) afectar el tiempo preciso del año en el que se almacenará la energía, (iii) afectar la cantidad de lípidos almacenados e (iv) influir en el uso de la energía almacenada. De esto se deriva, por ejemplo, que en lugares tropicales donde la disposición de alimento es constante durante todo el año, el organismo no tenga necesidad real de almacenar energía para estaciones donde haya escases, por ende, podrá reproducirse a lo largo de todo el año (Derickson, 1976).

Las especies que habitan en zonas templadas, tienen que adaptarse a un ambiente en el cual la disponibilidad alimenticia disminuye marcadamente durante el invierno. Esto lo hacen mediante la hibernación (esto es, disminuyen su nivel de actividad y así también reducen sus necesidades metabólicas). Sin embargo, aun así necesitan energía para evitar su inanición y, en muchos casos, mantener niveles disminuidos pero moderados de actividad. Esta necesidad aumenta en hembras de especies con crianza otoñal ya que la preñez ocurre precisamente durante los meses de invierno. En consecuencia, en particular en estas especies, la energía almacenada durante la época favorable o se usa casi totalmente para manutención en los meses fríos o una parte se usa para reproducción y una porción significativa para manutención invernal (Derickson, 1976).

Por todo lo anterior, es clara la relación existente entre el ciclo de los lípidos y los ciclos reproductivos de las lagartijas, por ello, conocer el comportamiento de los lípidos almacenados puede ayudar grandemente a la interpretación de sus historias de vida (Vitt y Cooper, 1985).

## ANTECEDENTES

Hasta hace apenas un par de años se consideraba que la población bajo estudio pertenecía a la subespecie *P. brevirostris indubitus*, una de las cinco subespecies que integraban a la entonces especie politípica de amplia distribución *P. brevirostris (sensu lato)*. Sin embargo, en un estudio filogenético reciente, basado en secuencias de DNA mitocondrial, Feria *et al.* (2011) demostraron que la tradicional *P. brevirostris (sensu lato)* realmente estaba integrada por al menos cinco especies y en particular que el taxón representado por *P. b. indubitus* comprendía dos especies, una formada por las poblaciones occidentales y otra por las orientales (ver también Brandley *et al.*, 2012). En concordancia con estos hallazgos, en este trabajo se considerarán a las poblaciones orientales del taxón en cuestión (incluyendo la población estudiada) como *P. indubitus*.

*Plestiodon indubitus* se distribuye en la parte oriental del Eje Volcánico Transversal, en Guerrero, Morelos y México. Hasta la fecha se conoce muy poco acerca de su biología. Algunos estudios que reportan datos reproductivos de la tradicional *P. brevirostris* (Axtell, 1960; Goldberg, 2002; Feria *et al.*, 2007) no examinaron especímenes de la población de Hutzilac, Morelos.

En una publicación relativamente reciente, López-Hernández *et al.* (2008) reportaron datos de nacimiento de crías para hembras de *Plestiodon* procedentes del centro (Hutzilac, Morelos) y sur del país (Santa Inés del Monte, Oaxaca). Estas hembras pertenecieron a *P. indubitus* y *P. brevirostris*, respectivamente. Las hembras de *P. indubitus* dieron a luz en mayo y principios de junio. Los tamaños de camada de las dos hembras examinadas de esta especie fueron 3 y 5. En 2011 Moreno-Gutierrez señaló en su estudio sobre la ecología térmica de una población de *P. indubitus* en la misma localidad, que las temperaturas corporales varían con el sexo pero no con la edad, además, las hembras preñadas regulan su temperatura corporal de manera eficiente debido a que los embriones requieren temperaturas relativamente altas.

## JUSTIFICACIÓN

México es país de reptiles, pues cuenta con una gran biodiversidad de especies. A nivel mundial México ocupa el segundo lugar en reptiles, lo que en porcentaje corresponde a un 10% del total de las especies que habitan en el mundo. Además, alberga un porcentaje importante de endemismos: el 53.7% de las especies son endémicos a nuestro país (Flores-Villela, 1991), incluyendo dentro de este porcentaje a todas las especies del género *Plestiodon* que habitan en México ( $\approx 22$  –Feria-Ortiz *et al.*, 2011; Feria-Ortiz y García-Vázquez, 2012; Brandley, 2012). Desafortunadamente, alrededor de la tercera parte de esta riqueza se encuentra en riesgo de extinción debido principalmente al desmonte de nuestros bosques y selvas, la contaminación del aire, ríos y lagos, así como la cacería indiscriminada de algunas especies y la construcción de grandes desarrollos turísticos, la expansión de las ciudades y los terrenos destinados a la ganadería y la agricultura. A esto hay que sumar los efectos negativos del aumento en la temperatura global del planeta. La temperatura ambiental es un factor que influye notablemente en la vida de los organismos ectotermos (como los reptiles). En consecuencia, el aumento en la temperatura del planeta ya ha provocado la extinción local de varias poblaciones de lagartijas y representa una amenaza seria a corto, mediano y largo plazo para la mayoría de los organismos, pero en particular para todos los ectotermos (Sinervo *et al.*, 2010).

Como consecuencia, nos enfrentamos a una crisis global donde las poblaciones de reptiles están disminuyendo, y de un tercio a la mitad de las más de 6000 especies conocidas están amenazadas con la posibilidad de llegar a extinguirse en la próxima década. Las amenazas que muchas especies de reptiles encaran en vida libre no pueden ser abatidas a tiempo para salvarlas; en estos casos, la conservación *ex situ* y la reproducción en cautiverio pueden ser su única esperanza de supervivencia (Poole, 2008).

Particularmente, la significativa riqueza de la sauriofauna en el bosque de pino-encino del Eje Neovolcánico Transversal de Morelos, se encuentra en riesgo por la pérdida gradual de árboles para la producción de madera y carbón por parte de los habitantes locales que, aunado a la falta de conocimiento de los mismos sobre la naturaleza inofensiva de esta lagartija, ponen en peligro la

supervivencia de esta especie en particular y de otras tantas expuestas a los mismos factores de riesgo.

Por ello, resulta de vital importancia obtener datos sobre aspectos básicos de la biología de especies poco o aún no estudiadas. En particular, datos que puedan ser útiles para implementar planes de manejo tendientes a la recuperación de especies en riesgo, o que potencialmente pudieran estar en riesgo de extinción. En este aspecto, el ciclo reproductivo es de fundamental importancia ya que proporciona información clave sobre aspectos directamente relacionados con la adecuación de los organismos.

#### **OBJETIVOS:**

- Describir el ciclo reproductivo de una población de la lagartija vivípara *Plestiodon indubitus* que habita en el bosque de pino encino al noroeste del estado de Morelos.
- Describir los ciclos de los cuerpos grasos, del hígado y del peso corporal eviscerado, y relacionarlos con el ciclo reproductivo.
- Determinar si existe relación entre el tamaño de la camada y la LHC de las hembras.
- Detectar si existe dimorfismo sexual en el peso corporal, la LHC y cinco medidas morfométricas relacionadas con la forma de los organismos.
- Evaluar si las diferencias o similitudes sexuales en el tamaño y forma corporal de los adultos están presentes desde el nacimiento o se adquieren durante el crecimiento de los organismos.

## DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

*Plestiodon indubitus* es una lagartija vivípara endémica de México. Mide alrededor de 6.5 cm de Longitud Hocico Cloaca (LHC). Habita principalmente en regiones montañosas en donde la vegetación que predomina es bosque de pino o bosque de pino encino. Presenta una distribución relativamente amplia. Se encuentra en varias regiones en la porción oriental del Eje Volcánico Transversal, dentro de los estados de Morelos, México y Guerrero (Dixon et al., 1969; Feria et al., 2011).

Es una lagartija con una cola de color azul turquesa muy vistosa (Figura 1). Son animales de cuerpo alargado y patas cortas que para desplazarse a menudo no utilizan las posteriores. Viven entre la hojarasca del bosque, bajo las cortezas de los árboles y troncos en el suelo.



**Figura.1.** Ejemplar de *Plestiodon indubitus*. (Foto: Manuel Feria Ortiz)

## DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada dentro del municipio de Huitzilac, Morelos, en las cercanías de la carretera libre que conduce del poblado de Tres Marías a Cuernavaca. En esta área la especie es relativamente abundante. Los organismos se capturaron en los alrededores de cuatro puntos cuyas coordenadas son (entre paréntesis se indica el kilómetro de la carretera señalada): 19° 01' 45" N y 99° 13' 11" O (Km 56), 19° 01' 40.3" N y 99° 12' 37.6" O (Km 58) y 19° 01' 03" N y 99° 13' 10.6" O (Km 61) (Figura 2). La altitud varía entre 2419 y 2600 m. En estos sitios abundan las rocas pobremente cimentadas las cuales utilizan los organismos para refugiarse temporalmente durante sus horas de actividad. Por esta razón se eligieron estos puntos como sitios de observación y recolecta de ejemplares.

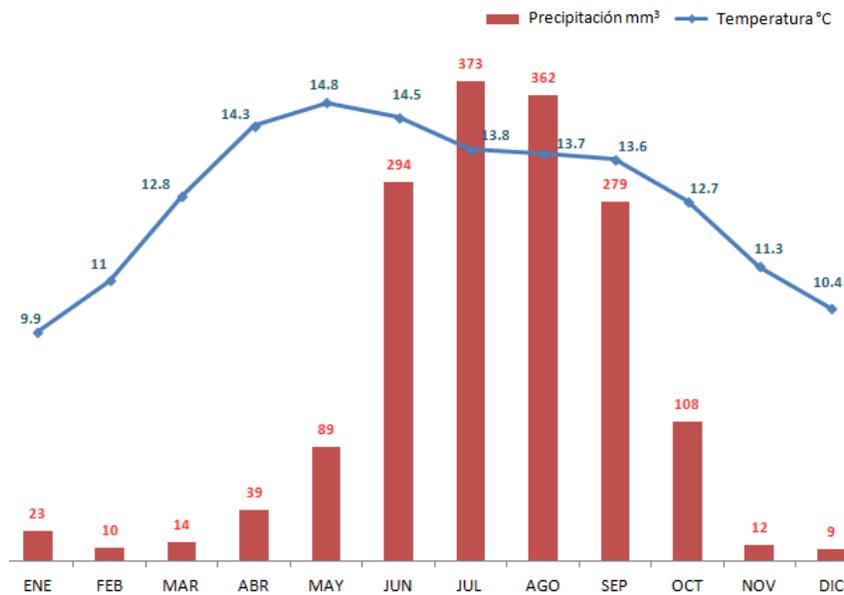
En el área de estudio *P. b. indubitus* es simpátrida con *Sceloporus grammicus*, *S. aeneus* y *S. torquatus*. Asimismo son comunes en la zona especies de *Conopsis biserialis* y *Crotalus triseriatus*.

La vegetación de la región es bosque pino encino y bosque de pino. Predominan especies de *Pinus montezumae* (Ocote blanco), *Pinus leiophylla* (Chino), *Quercus rugosa* (Quebracho), *Quercus laurina* (Laurelillo) y *Quercus magnoliifolia* (Encino). En las laderas húmedas son comunes las plantas del género *Senecio*, pero también son importantes las plantas de las especies *Arctostaphylos sp*, *Fuchsia calaminta* y *Symphoricarpos microphyllus*. Como representantes del estrato herbáceo, son muy abundantes: *Epicampes sp*, *Lopezia sp*, *Castilleja sp*, *Lupinos sp*. y *Geranium sp*. La topografía general del área es de una pendiente suave con suelos pobremente drenados de origen volcánico.

Con base en datos proporcionados por la estación meteorológica de Tres Cumbres se definió el siguiente clima (Figura 3), el cual de acuerdo al sistema de Köppen modificado por García es Cb'(m)(w)ig, cuya descripción es: Cb'—, clima semifrío con verano fresco largo, temperatura media anual 9.9°C, temperaturas medias mensuales: mínima 7.4°C en enero, máxima 12.3°C; —(m)— precipitación del mes más seco 8.4 mm; —(w)—, precipitaciones en verano 63.0% de la media anual (1 724.6 mm), escasas en invierno 2.6% de la media anual; —i— isotermal, oscilación térmica 4.9°C; —g— evolución de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges, máxima antes de junio (11.3°C), en mayo 12.3°C. La temporada seca abarca los meses de Octubre a Febrero seguida por una temporada pre-pluvial de Marzo a Mayo y la temporada de lluvias abarca de Junio a Septiembre.



**Figura.2.** Ubicación de área de estudio. El punto verde señala la localización del municipio de Huitzilac dentro del estado de Morelos. Los puntos rojos indican los sitios de recolecta de los ejemplares.



**Figura.3.** Datos de temperatura y precipitación anuales para la zona de estudio. Estación Meteorológica Tres Marias.

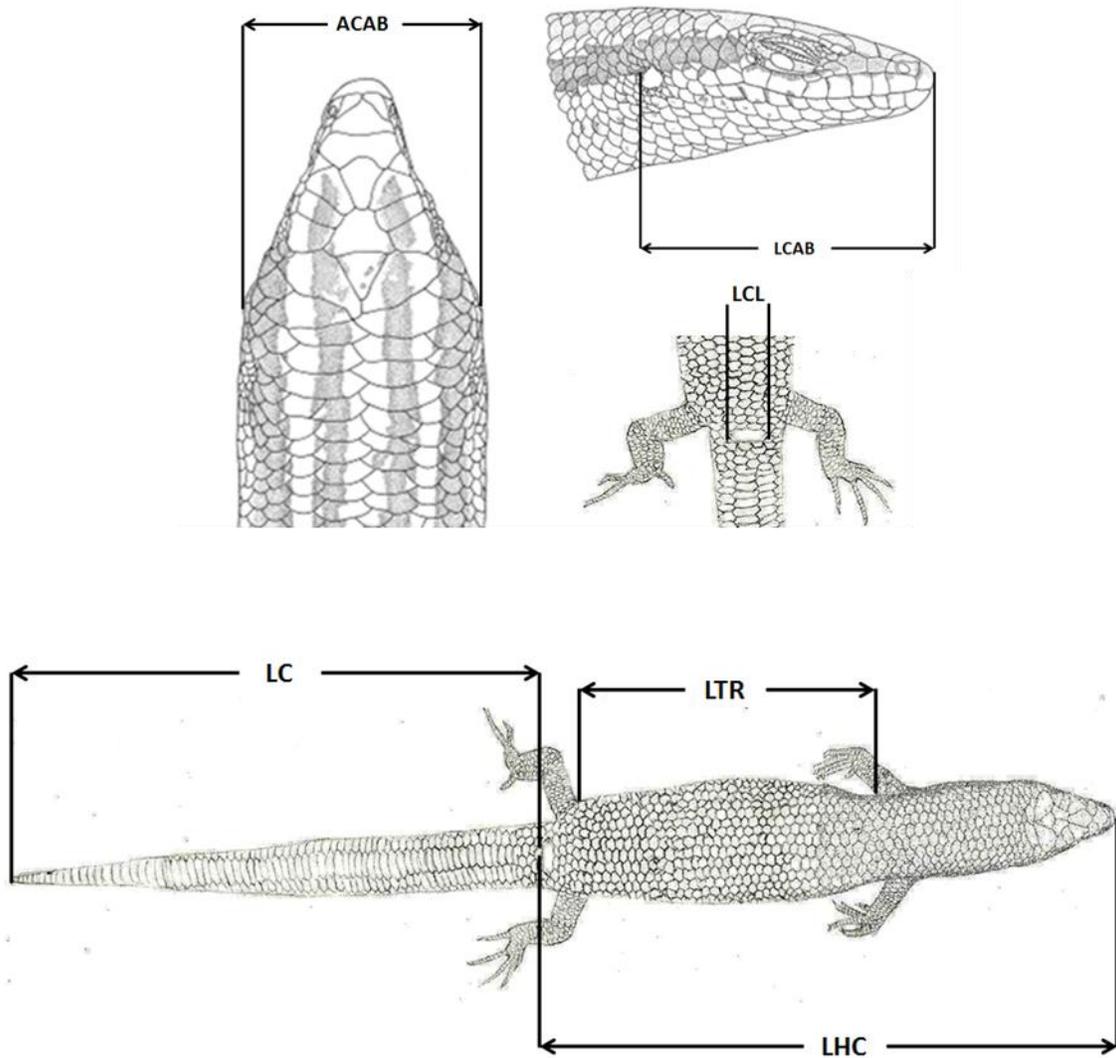
## MÉTODO

### Muestreo – Trabajo de campo

Los especímenes se colectaron mensualmente de febrero de 2009 a enero de 2010. Se buscaron durante el día, de las 1100 a las 1600 horas, bajo rocas, troncos y entre la hojarasca. Todos los organismos se capturaron con la mano e inmediatamente después de su captura se registraron los datos de campo correspondientes (ver abajo). A cada ejemplar adulto se le asignó un número de campo y se le depositó en una bolsa de plástico para su posterior traslado al laboratorio.

Las hembras preñadas recolectadas en el mes de abril se mantuvieron en cautiverio con el fin de determinar con más precisión la fecha de parto, tamaño de camada (TCAMADA) y algunos datos de los organismos recién nacidos (que fueron los mismos que para los jóvenes y adultos recolectados en campo).

A los ejemplares jóvenes únicamente se les registraron datos relacionados con el tamaño y la forma del cuerpo. Además, dado que todos los jóvenes se regresaron nuevamente al sitio donde fueron recolectados, los datos correspondientes se anotaron en campo. Estos fueron (Figura 4): (i) peso corporal (PC), (ii) Longitud hocico-cloaca (LHC), medida de la punta del hocico a la cloaca. (iii) longitud de la cola (LC), medida de la cloaca a la punta de la cola, (iv) longitud del tronco (LTR), longitud de la axila a la ingle, colocando las extremidades en sentido perpendicular en relación al cuerpo. (v) ancho de la cabeza (ACAB), se considerara el ancho de la cabeza a la altura de la parte posterior de los ojos y (vi) largo de la cabeza (LCAB); se midió de la punta del hocico a la parte posterior de la abertura auditiva. El peso se registró con la ayuda de una balanza semianalítica Ohaus® de precisión 0.01 g y las medidas corporales con un vernier Trupper® de precisión 0.02 mm.



**Figura.4.** Medidas morfométricas tomadas para detectar la existencia de dimorfismo sexual en *Plestiodon indubitus*. ACAB= Ancho de la cabeza, LCAB= Largo de la cabeza y LC= Longitud de la cola, LHC= Longitud Hocico Cloaca, LTR= Longitud del tronco y LCL= Longitud de la cloaca.

## Trabajo de laboratorio – Obtención de datos

Ya en el laboratorio, los organismos adultos se sacrificaron con una sobredosis de pentobarbital sódico (anestésico) y enseguida se registraron los datos que se utilizaron para detectar la presencia o ausencia de dimorfismo sexual. Estos datos fueron los mismos que se registraron para el caso de los jóvenes (ver arriba), excepto que en los adultos también se midió la longitud de la cloaca (LCL).

Como en la mayoría de las especies de lagartijas, los especímenes de *P. indubitus* pierden fácilmente la cola (principalmente por ataques de depredadores). En consecuencia, entre los organismos capturados algunos tenían colas rotas, otras presentaban cola en regeneración y algunas colas completas. Con el fin de detectar la ausencia o presencia de dimorfismo en la longitud de la cola únicamente se consideraron individuos con colas completas.

Se disectaron los organismos con el fin de registrar la condición de las gónadas (desarrollo folicular o crecimiento testicular según el sexo).

En el caso de las hembras se registró: (i) Peso de los ovarios (PO), (ii) número de folículos en cada ovario, (iii) diámetro del folículo mayor. Para las hembras preñadas (excepto en las del mes de abril) también se registró: (iv) Número de huevos en cada oviducto, (v) diámetro mayor y menor de cada huevo, (vi) peso húmedo y seco de cada huevo, (vii) número de cuerpos lúteos y (viii) diámetro de los cuerpos lúteos. Todas las medidas se obtuvieron con un Vernier Trupper® de precisión  $\pm 0.02$  mm y el peso con una balanza analítica Ohaus® de precisión  $\pm 0.0001$  g.

Se extrajeron los huevos con embriones bien desarrollados para realizar una descripción de las características que presentó el embrión y determinar el estado de desarrollo embrionario en el que se encontraba. Para este fin se utilizó la tabla de desarrollo elaborada por Defaure, J.P. y J. Hubert (1961) para *Lacerta vivipara*. El embrión ya extraído junto con su vitelo fueron secados en la estufa a 60° C para obtener el peso seco de cada huevo (precisión de  $\pm 0.0001$  g), del mismo modo se obtuvo el peso seco de todos los huevos oviductales, esto con el fin de examinar si la hembra le proporciona o no material orgánico a los embriones durante la gestación.

Las hembras preñadas permanecieron alojadas en cajas de plástico individuales. En el fondo de las mismas se colocó un papel humedecido. Durante su estancia se les alimentó con larvas de

tenebrio (*Tenebrio monitor*). Se revisaron periódicamente las cajas para revisar si las hembras ya habían parido. A cada hembra se le registró su peso a su llegada al laboratorio y después de haber parido.

Se registraron para cada cría nacida en el laboratorio el peso corporal (PC) y las mismas cinco medidas corporales tomadas para los especímenes de corta edad colectadas en campo (LHC, LC, LTR, ACAB y LCAB), así como el tamaño de la camada para cada hembra.

En el caso de los machos se registraron el largo, ancho y peso del testículo derecho (PTD), se eligió sólo el testículo derecho asumiendo que ambos se comportan del mismo modo a lo largo del ciclo reproductivo, por lo que la medición de uno basta para conocer el ciclo testicular. El largo y ancho de las gónadas se usaron para obtener el volumen testicular, calculado empleando la fórmula para obtener el volumen de un elipsoide:  $V = 4/3\pi a^2 b$ . Donde "a" es ½ del diámetro más corto y "b" es ½ del diámetro más largo. Los volúmenes testicular y folicular fueron usados como indicadores de actividad reproductiva de machos y hembras (Guillette y Casas-w, 1980, 1987; Guillette, 1983).

Tanto a hembras como a machos se les extrajo el hígado y los cuerpos grasos e inmediatamente después se obtuvo su peso (PH y PCG respectivamente) con la balanza analítica (precisión  $\pm 0.0001$  g). Como se verá más adelante, estos datos permitirán detectar si existen fluctuaciones en el peso de los órganos involucrados a lo largo de las estaciones, así como determinar si las reservas de los cuerpos grasos y (posiblemente del hígado) juegan un papel importante en las actividades reproductivas de la especie, o bien si son utilizadas durante el invierno. También se obtuvo el peso eviscerado (PEVI), restando al PC la suma del peso de todos los órganos extraídos para posteriormente poder cotejarlo con el peso de las gónadas y determinar alguna posible relación con estos.

La hembra más pequeña que presentó folículos vitelogénicos o huevos en el oviducto fue usada para indicar el tamaño (LHC) en el que se alcanza la madurez sexual (Vitt y Cooper, 1985; Ramírez-Bautista et al., 1995). En el caso de los machos se consideró la LHC del ejemplar más pequeño con testículos engrandecidos (Ramírez-Bautista et al., 1996). El tamaño de la camada se determinó por conteo de embriones en el oviducto de las hembras adultas durante la época reproductiva (Ramírez-Bautista et al., 1998).

Una vez registrados los datos de laboratorio los organismos se prepararon para su posterior inclusión en la colección herpetológica del Museo de Zoología de la Facultad de Estudios

Superiores Zaragoza. Esto es, se etiquetaron y fijaron con formol buffer al 10%, se endurecieron sus cuerpos en posiciones estándar de almacenamiento (con formol Buffer al 10%), se lavaron en agua y se incluyeron en frascos con alcohol al 70%. Estas actividades curatoriales se realizaron siguiendo las recomendaciones de Duellman (1962) y Smith (1966).

Adicionalmente a los organismos capturados en campo, se obtuvieron algunos de la Colección Herpetológica del Museo de Zoología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la UNAM, estos especímenes son provenientes de la misma localidad estudiada, capturados en Junio y Diciembre del 2007 y Septiembre del 2008. Fueron examinados de igual manera que los recién capturados para obtener los parámetros anteriormente descritos.

### **Análisis estadístico**

Antes de realizar las pruebas estadísticas se exploraron los datos con el fin de detectar y evaluar la relevancia de posibles valores extraordinarios (Salgado-Ugarte, 1992, 2013). Con el fin de mejorar el ajuste de los datos a los requerimientos de las pruebas paramétricas realizadas (normalidad y homogeneidad de varianzas) todos los valores se transformaron a valores logarítmicos de base 10. Asimismo, con el fin de evitar valores negativos, antes de su conversión logarítmica, cada valor se multiplicó por una constante ( $10^6$  en el caso de los valores relacionados con la descripción del ciclo reproductivo por ser muy pequeños) (Salgado-Ugarte, 1995 y Salgado-Ugarte, et. al. 2005).

Para cada categoría de tamaño y edad (crías, jóvenes, hembras preñadas y adultos machos y hembras) se calcularon valores promedio y errores estándar.

Se realizó una prueba de *t* de Student con el fin de detectar la existencia o no de dimorfismo sexual en el tamaño (LHC) y análisis de covarianza univariados para detectar la existencia de dimorfismo sexual en el peso corporal (PC) y las variables morfométricas (LTR, LC, ACAB, LCAB y LCL).

Se utilizaron estimadores de densidad por Kernel (EDK's) en LTR, LC, ACAB y LCAB de las crías para detectar algún dimorfismo sexual desde el nacimiento. Los EDK's permiten eliminar los problemas

relacionados con los histogramas (Tarter y Kronmal, 1976; Silverman, 1986; Fox, 1990) y nos dan una visión más detallada de la distribución de los datos.

En estos estimadores la densidad es otra escala de la frecuencia y el “kernel” se refiere a la curva que se utiliza para representar a cada dato. La expresión que define a estos estimadores es:

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{X - X_i}{h}\right)$$

Donde  $\hat{f}(x)$  es la estimación de la densidad (frecuencia),  $n$  es el número de datos,  $h$  es la amplitud de banda (intervalo) y  $K(\bullet)$  es el “kernel”, la función que define el peso de cada dato en la estimación de frecuencia o la forma de la curva para cada observación (Salgado-Ugarte, 2002).

La estrategia de Salgado-Ugarte (2013) para analizar la distribución de un lote de números es: I. Aplicar la amplitud de banda sobreesuavizada y observar la estructura resultante. II. Aplicar la amplitud de banda óptima. III. Si en el paso I. se obtuvo una curva semejante a la gaussiana, se termina con el paso II., si en el paso I. se obtuvo una estructura complicada (colas gruesas, sesgos, multimodalidad) se debe disminuir la amplitud. Para datos multimodales Salgado-Ugarte recomienda utilizar la mitad del valor de amplitud de óptima como referencia preliminar para representar la distribución.

Dentro de cada uno de tres grupos de lagartijas (jóvenes, machos adultos y hembras adultas) se evaluó la modalidad del crecimiento de cada rasgo morfométrico medido (LCA, ACA, LTR, LC y LCL) mediante regresiones lineales simples obtenidas por el método de mínimos cuadrados. En estas regresiones la variable independiente fue la LHC, y la dependiente alguno de los rasgos morfométricos.

Las pendientes de las rectas de regresión se consideraron como coeficientes alométricos. La explicación es la siguiente. El crecimiento de una parte del cuerpo con respecto a otra puede representarse mediante la ecuación alométrica (Lleonart et al., 2000):

$$Y = aX^b$$

Dónde  $Y$  es una parte del cuerpo y  $X$  la otra, y se considera a la primera como variable de respuesta y a la segunda como variable predictiva. Por ejemplo, si  $X = LHC$  y  $Y = LCA$  la ecuación permite predecir a la LCA a partir de la LHC. Los valores de  $a$  y  $b$  son constantes y al último se le

considera como un coeficiente de alometría en virtud de que indica cómo crece una parte del cuerpo en relación a la otra. Por ejemplo, si  $X = \text{LHC}$  y  $Y = \text{LCA}$ , el valor de  $b$  indicaría si la longitud de la LCA crece más rápido, de manera similar o más lento en relación con el crecimiento corporal. La ecuación alométrica no es lineal (no puede expresarse como una combinación lineal de los parámetros  $a$  y  $b$ ). Sin embargo, puede linealizarse. Para este fin simplemente se obtiene el logaritmo de las expresiones incluidas a cada lado de la ecuación ( $\log Y = \log(aX^b)$ ), de modo que se obtiene:

$$\log Y = \log a + b \log X$$

En donde  $\log a$  es la ordenada al origen y  $b$  la pendiente (o coeficiente de alometría).

Debido a que en este estudio las regresiones lineales se realizaron con base en valores logarítmicos, se consideró a la pendiente de cada recta como un coeficiente de alometría. Se consideró que el rasgo morfométrico en cuestión fue alométrico negativo, isométrico o alométrico positivo en relación a la LHC si el valor de  $b$  fue menor, igual o mayor a 1.0, respectivamente (Salgado-Ugarte, 1995). Con el fin de evaluar si la trayectoria de crecimiento de un rasgo morfométrico dado fue diferente en machos y hembras, se compararon las pendientes de las rectas involucradas según el procedimiento ilustrado por Zar (1984).

Con el fin de detectar diferencias significativas en las medias estacionales de los valores de las masas de las gónadas (ovarios y testículos), hígado y cuerpos grasos se realizaron dos análisis multivariados de covarianza (ANMUNCOVA), uno para machos y otro para hembras. En ambos se usó la LHC como covariada, la estación como factor fijo y el peso de las gónadas, hígado y cuerpos grasos como variables respuesta. Para realizar el ANMUNCOVA fue necesario agrupar los meses por estaciones, debido a la falta de datos en algunas variables como el hígado, ya que a los organismos que se tomaron de la colección herpetológica ya se les había extraído el hígado para propósito de otro estudio. De este modo nos da como resultado las cuatro estaciones del año abarcando tres meses cada una, primavera (marzo, abril y mayo), verano (junio, julio y agosto), otoño (septiembre, octubre y noviembre) e invierno (diciembre, enero y febrero).

Se realizaron pruebas de Bonferroni conjuntas univariadas *a posteriori* con el fin de detectar entre que estaciones ocurren diferencias significativas.

Para fines descriptivos del ciclo de las gónadas de machos y hembras se graficaron las medias mensuales más menos un error estándar, de este modo se tiene un mejor panorama de lo que ocurre con los ovarios y testículos a lo largo del año, permitiendo hacer inferencias sobre las fases del ciclo reproductivo (ovulación, fertilización, apareamiento etc.).

Para probar si existe alguna relación entre el tamaño de la camada y la LHC de la hembra se utilizará el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson (Ramírez-Bautista et al., 1998; Ramírez-Bautista et al., 1996; Méndez de Cruz et al., 1988; Ramírez-Bautista et al., 2002).

Los resúmenes y pruebas estadísticas se realizaron con la ayuda de los programas Statistica v8 (Stat Soft, Inc., 1984-2007) y SPSS v10.01 (Inc., 1989-1999). En todos los análisis realizados se consideró un nivel de significancia de 0.05.

## RESULTADOS

### Dimorfismo sexual

En total se examinaron 178 organismos, de los cuales 106 son adultos (45 machos y 61 hembras), 38 jóvenes y 34 crías.

Las LHC promedio de machos y hembras fueron  $63.34 \pm 0.628$  (55.14 – 70.88) y  $63.99 \pm 0.596$  (55.2 – 73.76) respectivamente. La prueba de t no detectó diferencias sexuales significativas en la LHC ( $t = -0.7432$ ,  $gl = 104$ ,  $p = 0.4$ ). El peso promedio de los machos fue  $4.9 \pm 0.185$  (2.2 – 8.4) y para las hembras  $4.5 \pm 0.158$  (2.53 – 8.26). Del mismo modo no se detectaron diferencias significativas entre machos y hembras ( $t = 1.4598$ ,  $gl = 104$ ,  $p = 0.1$ ).

Los análisis de covarianza detectaron diferencias significativas en las restantes cuatro medidas morfométricas registradas. En tres de estas los machos resultaron significativamente más grandes que las hembras: (i) la longitud de la cola  $F = 26.76$ ;  $gl = 1,21$ ;  $p = 0.05$ (Tabla 1), (ii) el ancho de la cloaca ( $F = 150.34$ ;  $gl = 1,88$ ;  $p = 0.05$ ) y (iii) , el largo ( $F = 55.93$ ;  $gl = 1,103$ ;  $p = 0.05$ ) y el largo de la cabeza ( $F = 207.66$ ;  $gl = 1,103$ ;  $p = 0.05$ ); por el contrario, las hembras presentan un tronco de mayor longitud que los machos ( $F = 31.46$ ;  $gl = 1,103$ ;  $p = 0.05$ )(Tabla 2).

En la figura 6 se observan curvas unimodales para los porcentajes de tres medias morfométricas en las crías (LC, LTR y ACAB), indicando que al momento del nacimiento no presentan dimorfismo sexual en estas tres medidas; por el contrario, en el caso del largo de la cabeza se presentan dos modas, por lo que se infiere se presenta ya alguna diferenciación sexual al momento del nacimiento en el tamaño de la cabeza.

La tabla 3 muestra los porcentajes de cuatro medidas morfométricas tomadas para las tres categorías de edad. En ésta se observa que el porcentaje de la LC y de la LTR son más pequeños en las crías que en cualquier otra categoría de edad. En el caso de la LC, ésta aumenta en relación a la LHC en los jóvenes, disminuyendo en la edad adulta y siendo mínima en el caso de las hembras. Por el contrario, para la LTR ésta es similar en jóvenes y en machos, siendo máximo el porcentaje en las hembras. Para el ACAB y el LCAB los porcentajes son máximos en las crías y continúan decreciendo hasta la edad adulta, presentando un mínimo en el caso de las hembras.

En general, se observa que la elevación de la recta es mayor en los machos para cuatro de las cinco medidas morfométricas, los cuales son el ACAB (Figura 8), LCAB (Figura 9), LC (Figura 10) y LCL (figura 11); únicamente en la LTR la elevación de la recta de las hembras es mayor que en los machos (Figura 7).

Se detectaron diferencias sexuales en las relaciones alométricas del ACAB, LCAB y LTR (marginamente significativo). La diferenciación del ACAB fue alométrica positiva para los machos y alométrica negativa para las hembras. En el caso de la LCAB los machos presentaron diferenciación relativamente isométrica (el valor 1 estuvo incluido dentro del intervalo de confianza del 95% para  $\beta$ ) y las hembras presentaron alometría negativa. Contrariamente, la diferenciación de la LTR fue isométrica en los machos y alométrica positiva en las hembras. No se detectaron diferencias en las relaciones alométricas de la LC y LCL. La LC mostró alometría negativa tanto para machos como para hembras, a diferencia de la LCL, donde la diferenciación fue relativamente isométrica (el valor 1 estuvo incluido dentro del intervalo de confianza del 95% para  $\beta$ ) en los machos y alométrica negativa en las hembras. Sin embargo, en estos dos últimos caracteres, los modelos correspondientes explicaron muy pobremente la variación en los datos (los intervalos de confianza para  $\beta$  fueron muy amplios y los valores de  $r^2$  muy bajos).

**Tabla.1.** Valores promedio ( $\bar{x} \pm 1$  ES) de la longitud de la cola (LC) en machos y hembras de *P. indubitus*. Entre paréntesis se muestra el intervalo de variación. N = tamaño de muestra.

	HEMBRAS	MACHOS
(N)	22	26
LC (mm)	72.87 $\pm$ 2.9418 (49.34 – 98.72)	85.89 $\pm$ 2.57 (59.32 – 106)

**Tabla.2.** Valores promedio ( $\bar{x} \pm 1$  ES) del peso corporal (PC) y de las medidas morfométricas analizadas de *Plestiodon indubitus*. Entre paréntesis se muestra el intervalo de variación. LHC = Longitud Hocico-Cloaca, LC = longitud de la cola, LCL = longitud de la cloaca, LTR = longitud del tronco, ACAB = ancho de la cabeza y LCAB = largo de la cabeza.. (N) número de organismo analizados.

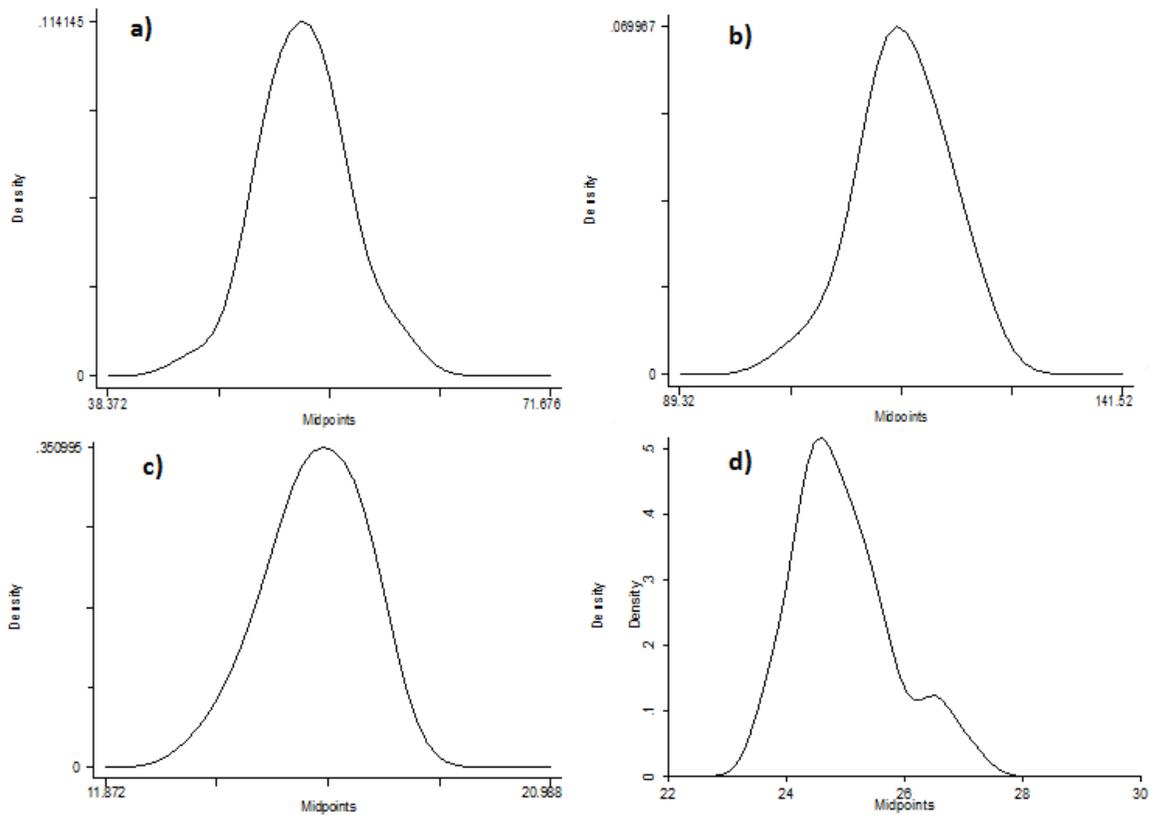
	HEMBRAS	MACHOS
<b>(N)</b>	61	45
<b>PC (g)</b>	4.57 ± 0.158 (2.53 – 8.26)	4.93 ± 0.185 (2.19 – 8.4)
<b>LHC (mm)</b>	63.99 ± 0.596 (55.2 - 73.76)	63.34 ± 0.628 (55.14 - 70.88)
<b>LCL (mm)</b>	3.87 ± 0.066 (3.12 - 5.3)	5.4 ± 0.129 (3.56 - 6.58)
<b>LTR (mm)</b>	39.16 ± 0.491 (31 - 47.46)	36.52 ± 0.451 (28.92 - 41.7)
<b>ACAB (mm)</b>	7.68 ± 0.076 (6.36 - 9.54)	8.44 ± 0.139 (6.6 - 10.8)
<b>LCAB (mm)</b>	11.13 ± 0.066 (9.84 - 12.34)	12.18 ± 0.126 (10.5 - 13.88)

**Tabla.3.** Promedios e intervalos de variación de los porcentajes de cuatro variables morfométricas registradas para las crías, jóvenes y adultos en *P. indubitus*. LTR= Longitud del tronco. LC= Longitud de la cola. ACAB= Ancho de la cabeza. LCAB= Largo de la cabeza. LHC= Longitud hocico cloaca.

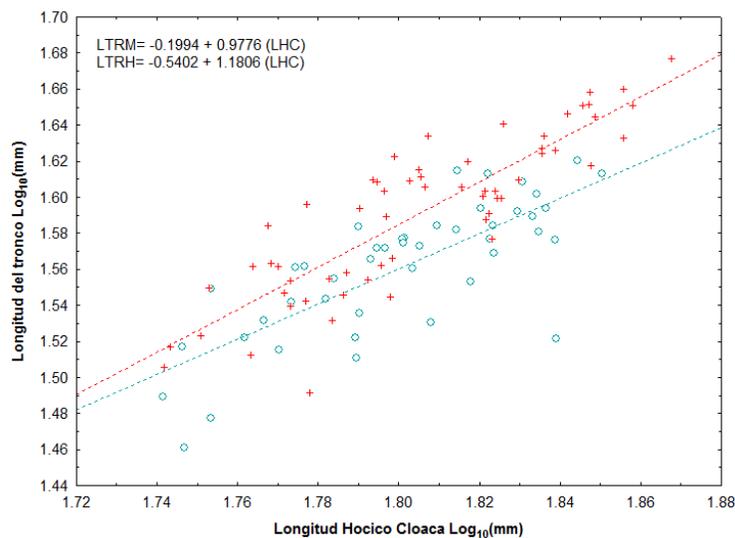
X ± SE (Min̄ – Max)				
VARIABLE	CRÍAS	JOVENES	ADULTOS	
			MACHOS	HEMBRAS
(LTR/LHC)x100	53.8 ± 0.55 (45.69 – 61.16)	57.69 ± 0.8 (46.94 – 70.3)	57.66 ± 0.45 (48.16 – 63.09)	61.14 ± 0.39 (51.66 – 67.06)
(LC/LHC)x100	115.47 ± 0.9 (101.51 – 124.85)	148.89 ± 5.79 (123.37 – 223.41)	135.71 ± 4.34 (90.95 – 171.77)	116.48 ± 5.04 (73.79 – 164.86)
(ACAB/LHC)x100	16.37 ± 0.16 (14.07 – 17.94)	14.37 ± 0.29 (7.87 – 18.42)	13.3 ± 0.13 (11.42 – 16.08)	12.3 ± 0.105 (10.62 – 14.86)
(LCAB/LHC)x100	24.97 ± 0.14 (23.65 – 27.16)	21.01 ± 0.24 (18.85 – 24.24)	19.24 ± 0.09 (18.13 – 20.88)	17.44 ± 0.103 (15.63 – 19.66)

**Tabla.4.** Parámetros de las rectas de regresión entre la LHC y cada una de las variables morfométricas para ambos sexos. También se muestran los resultados de las pruebas estadísticas realizadas.  $r^2$ = coeficiente de determinación;  $\beta$ = pendiente de la recta de regresión (entre paréntesis se indica el intervalo de confianza del 95% para la pendiente correspondiente); a= ordenada al origen;  $(\beta_h = \beta_m)$ = hipótesis nula de igualdad de pendientes.

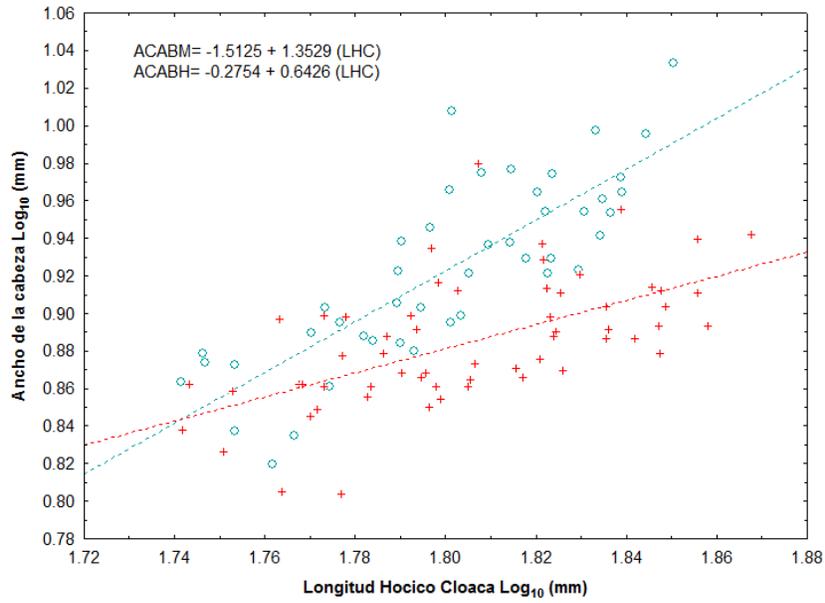
CARÁCTER	SEXO	$r^2$	Línea de regresión		Prueba de hipótesis
			$\beta$	a	$(\beta_h = \beta_m)$
LTR	Machos	0.59	0.9776 (0.73 - 1.225)	-0.1994	t= 1.34
	Hembras	0.75	1.1806 (1.003 - 1.358)	-0.5402	
ACAB	Machos	0.67	1.3529 (1.062 - 1.644)	-1.5125	t= 3.9
	Hembras	0.36	0.6426 (0.422 - 0.863)	-0.2754	
LCAB	Machos	0.81	0.9399 (0.798 - 1.081)	-0.6078	t= 5
	Hembras	0.61	0.5034 (0.399 - 0.608)	0.1375	
LC	Machos	0.07	0.2249 (-0.284 - 0.734)	1.5735	t= 0.37
	Hembras	0.05	0.4358 (-0.675 - 1.546)	1.1198	
LCL	Machos	0.14	0.9757 ( 0.163 - 1.789)	-1.0307	t= 0.82
	Hembras	0.13	0.6044 (0.175 - 1.034)	-0.5069	



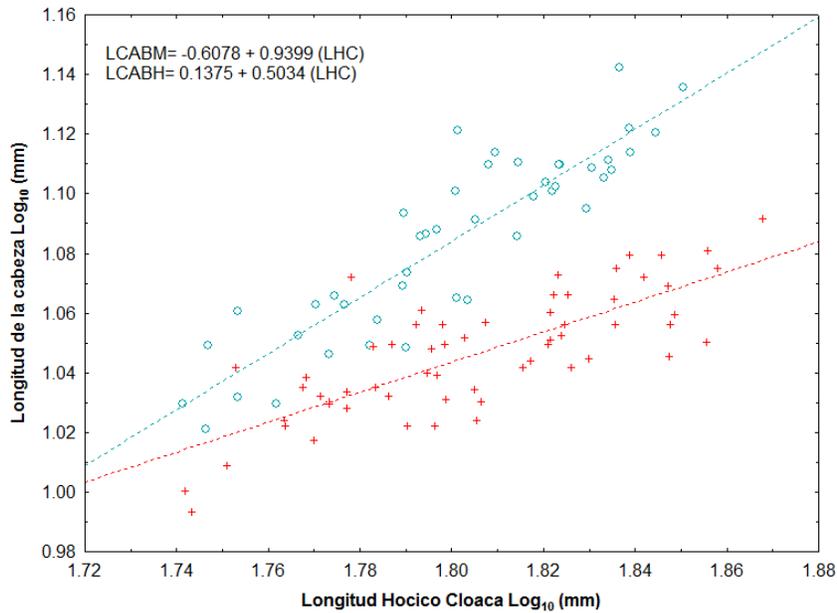
**Figura.6.** Gráficas de densidad por el método de Kernel Gaussiano utilizando el ancho de banda óptimo. Los porcentajes de las cuatro medidas morfométricas de las crías se consideraron como variables independientes. **a)** LTR, **b)** LC, **c)** ACAB y **d)** LCAB.



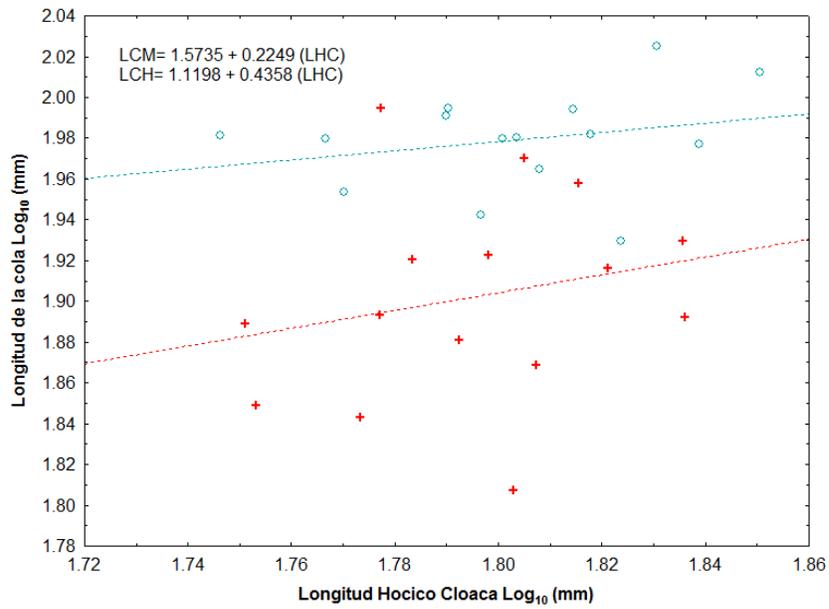
**Figura.7.** Regresión lineal de la longitud del tronco en machos (○) y hembras (+) de *Plestiodon indubitus*. LTRM= Longitud del tronco en machos. LTRH= Longitud del tronco en hembras. LHC= Longitud Hocico Cloaca.



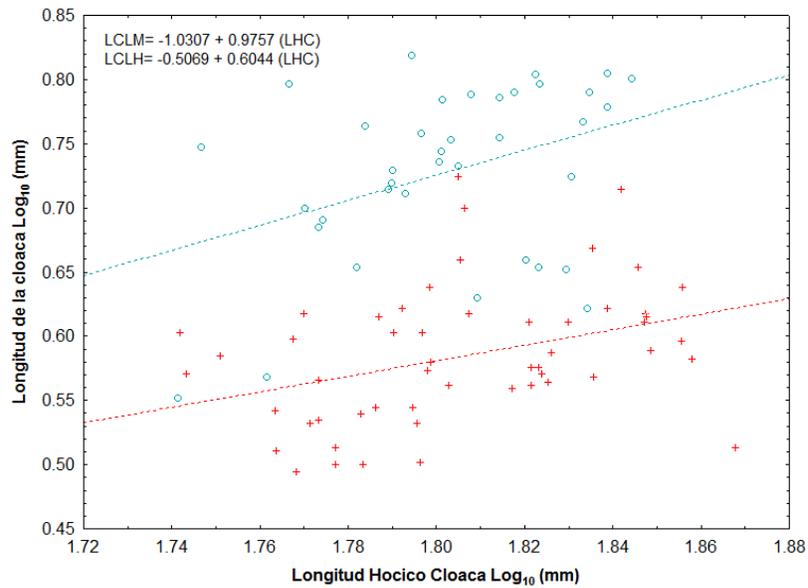
**Figura.8.** Regresión lineal del ancho de la cabeza en machos (○) y hembras (+) de *Plestiodon indubitus*. ACABM= Ancho de la cabeza en machos. ACABH= Ancho de la cabeza en hembras. LHC= Longitud Hocico Cloaca.



**Figura.9.** Regresión lineal de la longitud de la cabeza en machos (○) y hembras (+) de *Plestiodon indubitus*. LCABM= Longitud de la cabeza en machos. LCABH= Longitud de la cabeza en hembras. LHC= Longitud Hocico Cloaca.



**Figura.10.** Regresión lineal de la longitud de la cola para machos (○) y hembras (+) de *Plestiodon indubitus*. LCM= Longitud de la cola en machos. LCH= Longitud de la cola en hembras. LHC= Longitud Hocico Cloaca.



**Figura.11.** Regresión lineal de la longitud de la cloaca para machos (○) y hembras (+) de *Plestiodon indubitus*. LCLM= Longitud de la cloaca en machos. LCLH= Longitud de la cloaca en hembras. LHC= Longitud Hocico Cloaca.

### Ciclo reproductivo de las hembras

El ANMUNCOVA detectó diferencias significativas entre las variables dependientes relacionadas al ciclo reproductivo y de cuerpos grasos por estación en las hembras de *P. indubitus*: PO, PCG, PH y PEVI (Peso de los ovarios, peso de los cuerpos grasos, peso del hígado y peso eviscerado).

**Tabla.5.** Valores de *F*, grados de libertad (*gl*) y significancia (*p*) para cada una de las variables dependientes sometidas al ANMUNCOVA.

<b>Prueba</b>	<b><i>F</i></b>	<b><i>gl</i></b>	<b><i>p</i></b>
Wilks' lambda	4.59	9, 112	<b>0.0000</b>
Pillai's trace	4.03	9, 144	<b>0.0001</b>
Lawley-Hotelling trace	4.95	9, 134	<b>0.0000</b>
Roy'slargestroot	13.05	3, 48	<b>0.0000</b>

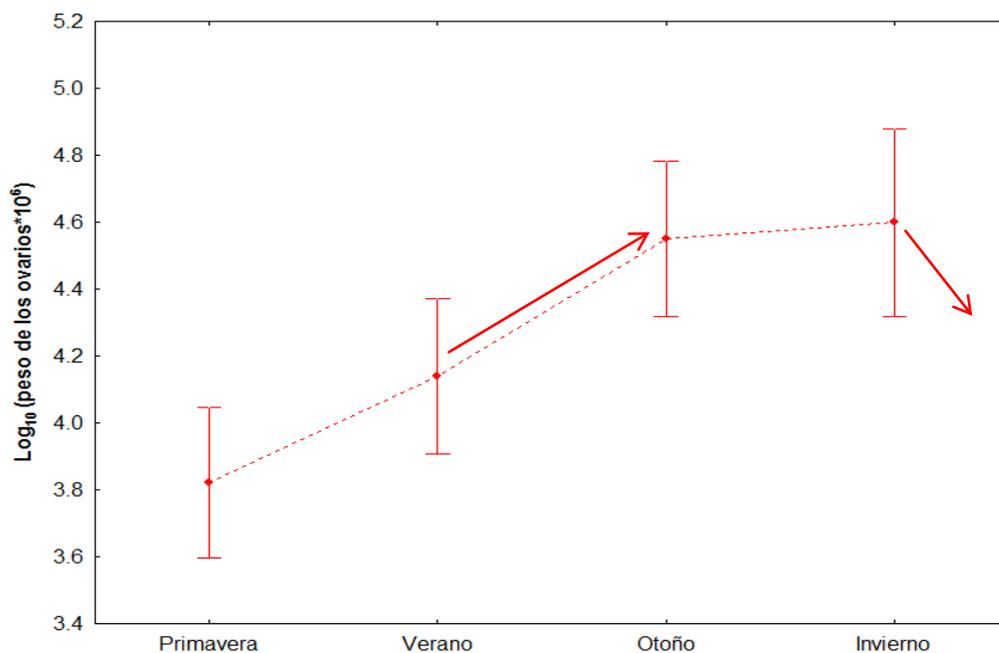
### Ciclo ovárico

La prueba de Bonferroni detectó diferencias significativas en el peso de los ovarios de verano a otoño y de invierno a primavera. En la figura 12 se observa un incremento notable en el peso de los ovarios de verano a otoño, hasta llegar a un máximo en el invierno, después de esto se presenta un descenso significativo hacia la primavera.

Los ovarios se mantienen ligeros y pequeños de enero a mayo, en estos meses el peso de los ovarios no es mayor a los 0.013 g y el diámetro oscila alrededor de los 0.93 mm teniendo un máximo de 1.46 mm en el mes de mayo. Para el mes de junio inicia la reactivación folicular, se observa un ligero incremento tanto en el peso de las gónadas como en el diámetro folicular (Figura 13 y Figura 14); de marzo a junio se presentan el mayor número promedio de folículos por ovario de todo el año (Tabla. 6), observándose que al iniciar el aumento de actividad ovárica el número de folículos por ovario empieza a disminuir hasta llegar al mínimo en el mes de enero (Tabla.6). El peso de las gónadas continúa en aumento hasta alcanzar el máximo en el mes de diciembre (Figura 13), coincidiendo con el diámetro máximo alcanzado por los folículos (Tabla. 6 y Figura 14); el número de folículos presenta una relación inversa a este máximo, siendo en este mes cuando el descenso en la cantidad de folículos por ovarios desciende notablemente permaneciendo así hasta el mes de febrero (Tabla 6).

Considerando lo anterior podríamos afirmar que la ovulación ocurre en diciembre, pese a que la muestra para este mes sólo es de dos individuos: la tendencia de los datos nos permite inferir este suceso.

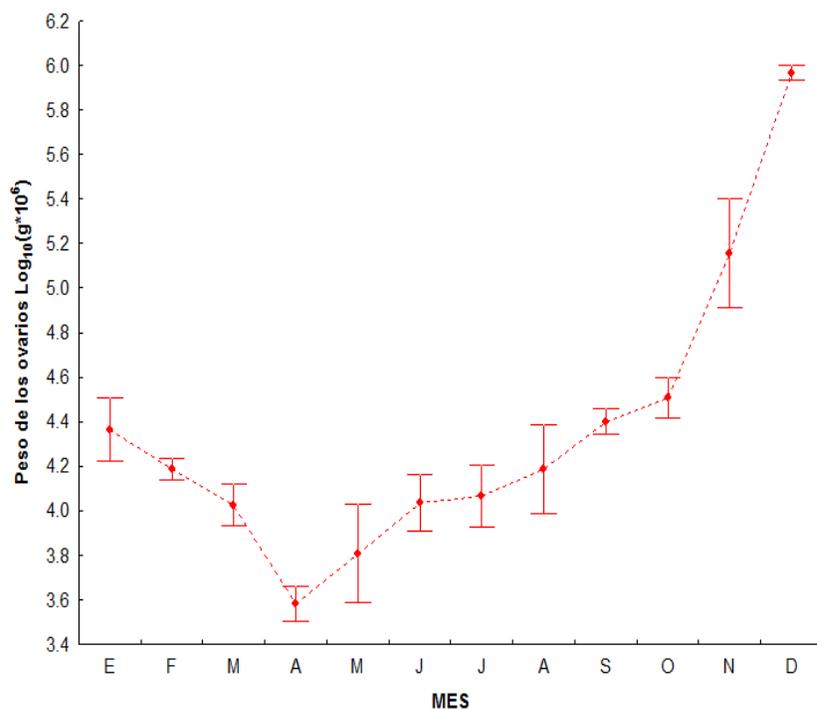
Se observó la presencia de huevos en el oviducto a partir del mes de enero. Es posible que las hembras de diciembre ya tuvieran huevos en el oviducto. Sin embargo no fue posible verificar con certeza este dato ya que se tomaron de la colección del Museo de Zoología de la FES Zaragoza y ya habían sido disectadas anteriormente para propósitos de otro estudio. No obstante, el comportamiento de la actividad ovárica a lo largo del año sugiere que la ovulación se lleva a cabo en el mes de diciembre y que es a partir de este mes que las hembras se encuentren preñadas. Se encontraron hembras preñadas hasta principios de mes de mayo.



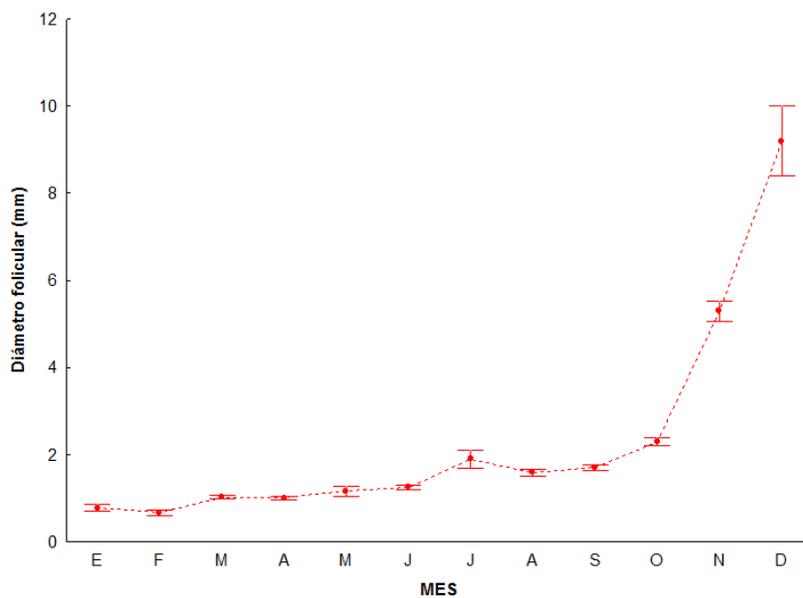
**Figura.12.** Cambios de los promedios en el peso de los ovarios por estación en *P. indubitius*. Las líneas verticales indican  $\pm 1$  error estándar. Las flechas señalan las estaciones donde existen diferencias significativas (detectadas por la prueba de contraste posterior de Bonferroni  $p < 0.05$ ).

**Tabla.6.** Resúmenes estadísticos ( $\bar{x} \pm ES$  con el intervalo de variación entre paréntesis) del número y diámetro de los folículos. DFOM = Diámetro del folículo ovárico mayor (mm); N = Número de ejemplares examinados por cada mes.

MES	N	DFOM	NO. DE FOLÍCULOS
Enero	3	0.77 ± 0.78 (0.62 – 0.88)	5.5 ± 1.5 (4 – 7)
Febrero	5	0.66 ± 0.054 (0.48 – 0.78)	6.6 ± 1.85 (3 – 9)
Marzo	5	1.02 ± 0.039 (0.9 – 1.14)	19.4 ± 2.33 (13 – 26)
Abril	5	1 ± 0.047 (0.9 – 1.15)	17.5 ± 1.19 (15 – 20)
Mayo	6	1.1 ± 0.085 (0.9 – 1.46)	17.2 ± 2.25 (12 – 22)
Junio	9	1.25 ± 0.052 (0.96 – 1.5)	18.87 ± 1.68 (12 – 27)
Julio	3	1.9 ± 0.208 (1.5 – 2.2)	13 ± 1.52 (10 – 15)
Agosto	3	1.68 ± 0.083 (1.56 – 1.84)	14 ± 2.08 (11 – 18)
Septiembre	7	1.79 ± 0.043 (1.62 – 1.92)	14.57 ± 1.51 (10 – 20)
Octubre	3	2.29 ± 0.093 (2.2 – 2.48)	13.33 ± 1.45 (11 – 16)
Noviembre	4	4.62 ± 0.69 (42.6 – 5.72)	14.66 ± 1.66 (13 – 18)
Diciembre	2	9.2 ± 0.8 (8.4 – 10)	6 ± 1 (5 – 7)



**Figura.13.** Cambios en los promedios mensuales del peso de los ovarios en las hembras de *Plestiodon indubitus* a lo largo del año. Las líneas verticales muestran  $\pm 1$  error estándar.



**Figura.14.** Cambios en los valores medios mensuales del diámetro folicular en las hembras de *Plestiodon indubitus* a lo largo del año. Las líneas verticales muestran  $\pm 1$  error estándar.

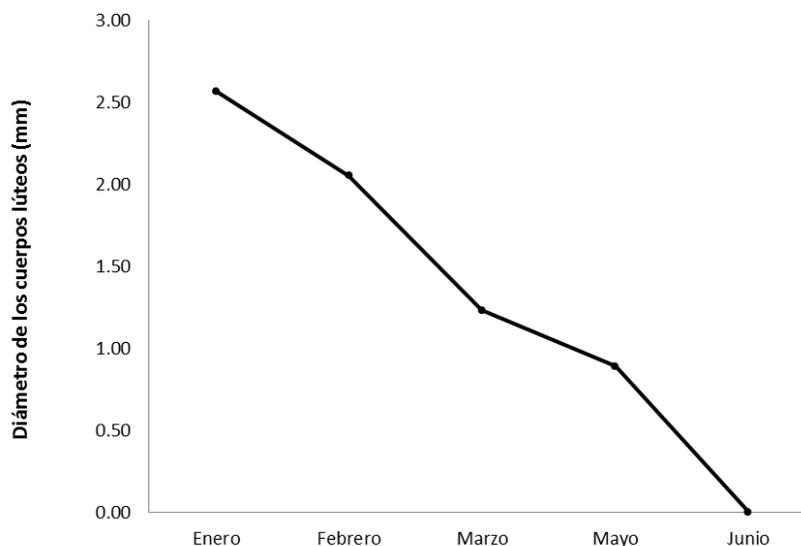
## Gestación y tamaño de camada

Se encontraron huevos en el oviducto en todas las hembras colectadas de enero a marzo, en el caso de las hembras de abril todas se disectaron una vez ocurrido el parto. El volumen de los huevos presenta una disminución en el mes de febrero (Tabla 7 ), este puede ser explicado por el tamaño de muestra mayor de este mes el cual es el doble en comparación con los otros dos meses, aunado al tamaño relativamente pequeño de cuatro de las hembras examinadas para este mes. Para el mes de junio ni una hembra presentó huevos en el oviducto. Los nacimientos de las hembras preñadas llevadas al laboratorio ocurrieron a partir del 12 de mayo, los últimos nacimientos fueron entre los días 26 y 27 del mismo mes. En la colecta del 8 de abril se observaron en campo organismo pequeños cuya LHC (26.88 mm) caen en el intervalo de la LHC que presentaron las crías al momento de su nacimiento en el laboratorio, por lo que se infiere que los nacimientos ocurren desde principios de mes de abril.

El número de cuerpos lúteos coincidió con el número de huevos en cada oviducto. En el mes de enero, cuando la ovulación es reciente, los cuerpos lúteos son grandes y fáciles de observar ( $2.57 \pm 0.11$ ), en los siguientes meses continúan en descenso hasta desaparecer en el mes de junio (Figura 15)

Durante el periodo de gestación (enero a marzo) se detectó un aumento en el peso húmedo de los huevos de 0.216 g, del mismo modo en este periodo se presentó un incremento en el peso seco de los huevos de 0.0344 g (Tabla 8 y figura 16).

El tamaño de la camada determinado por el número de huevos en el oviducto fue de  $4.09 \pm 0.24$  (3-7, N=22). El análisis de correlación arrojó una relación positiva entre la LHC de la hembra y el tamaño de la camada ( $r^2= 0.6334$ ;  $p = 0.05$ ) y entre éste y el peso de la hembra ( $r^2= 0.5547$ ;  $p = 0.05$ ), lo que significa que las hembras más grandes tienden a tener camadas más grandes. La Figura 17 muestra los modelos de regresión correspondientes a las relaciones señaladas.



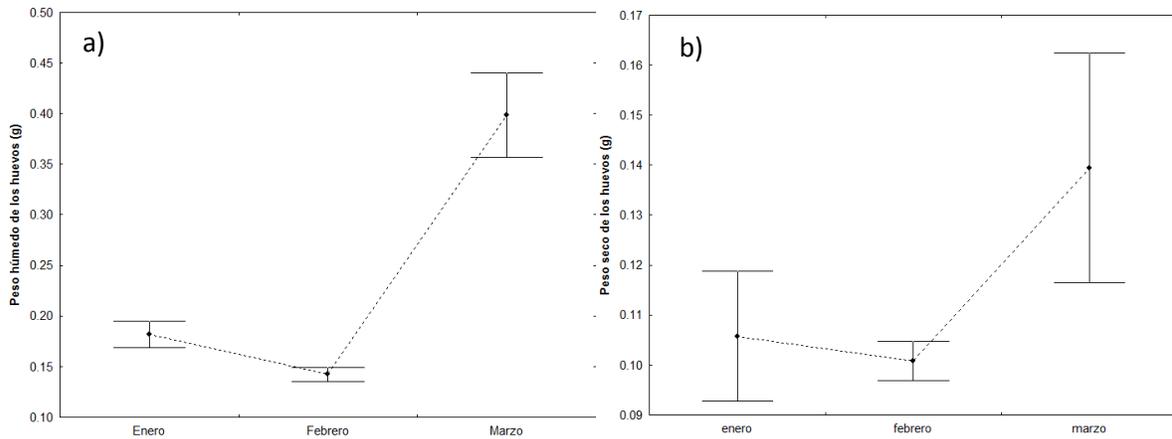
**Figura.15.** Cambios en los valores medios mensuales del diámetro de los cuerpos lúteos durante los meses que dura la gestación en *P. indubitus*.

**Tabla.7.** Volumen de los huevos en el oviducto durante los meses de gestación de *P. indubitus*. TCAMADA= Tamaño de la camada. N= Número de hembras examinadas.

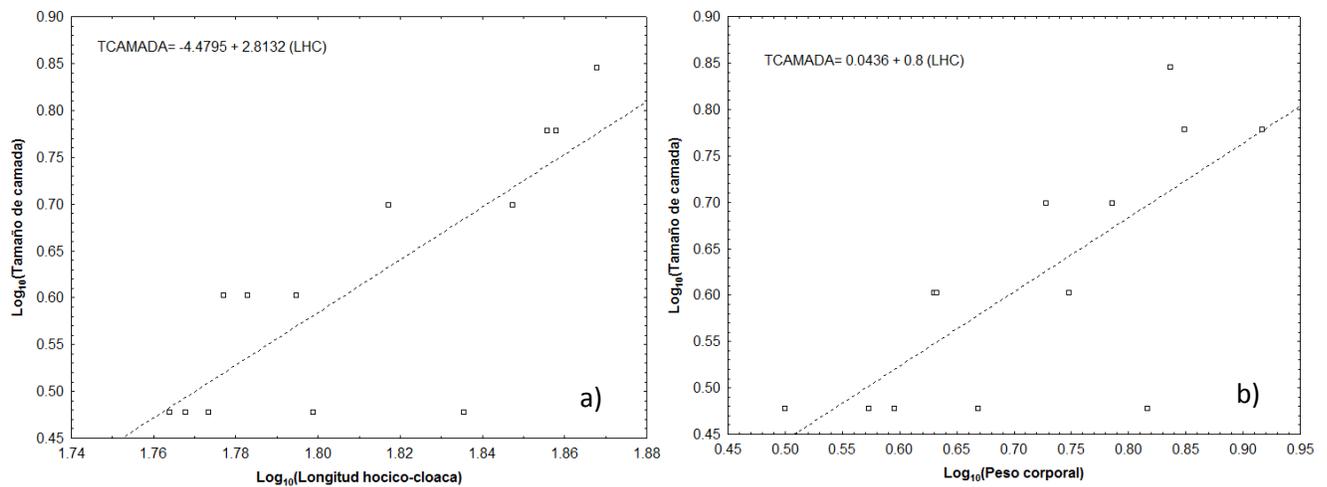
MES	N	VOLÚMEN (mm <sup>3</sup> )	TCAMADA
Enero	3	294.4 ± 18.75 (215.9 – 427.22)	4 ± 0.577 (3 – 5)
Febrero	6	199.24 ± 30.40 (114.05 – 701.629)	4.16 ± 0.6 (3 – 7)
Marzo	3	793.401 ± 69.79 (463.79 – 1224.906)	4 ± 1 (3 -6)

**Tabla.8.** Promedios mensuales (± ES) e intervalos de variación del peso húmedo (PHUM) y peso seco (PS) de los huevos oviductales durante los meses en los que se encontraron huevos en las hembras de *P. indubitus*. N= Número de hembras examinadas.

MES	N	PHUM (g)	PS (g)
Enero	3	0.182 ± 0.013 (0.16 – 0.207)	0.105 ± 0.0129 (0.086 – 0.13)
Febrero	5	0.1424 ± 0.0068 (0.122 – 0.158)	0.1 ± 0.0039 (0.093 – 0.115)
Marzo	4	0.398 ± 0.0417 (0.305 – 0.5)	0.1394 ± 0.023 (0.095 – 0.2)



**Figura.16. a)** Cambios mensuales en los promedios del peso húmedo (PHUM) de los huevos a lo largo de tres meses y **b)** Cambios mensuales en los promedios del peso seco (PS) de los huevos en *P. indubitus*. Las líneas verticales muestran  $\pm 1$  error estándar.



**Figura.17. a)** Regresión lineal del tamaño de la camada (TCAMADA) y de la longitud hocico cloaca (LHC) de las hembras. **b)** Regresión lineal del tamaño de la camada y del peso corporal (PC) de las hembras en *P. indubitus*.

## Desarrollo embrionario

En el mes de marzo fue posible describir dos embriones en diferentes estadios de desarrollo, el primero corresponde a una hembra disectada el 23 de marzo y el segundo a una del 30 del mismo mes.

El embrión examinado de la hembra del 30 de marzo presentó las siguientes características: El cuerpo es de color rosa transparente, las extremidades anteriores y posteriores ya están formadas, las proporciones del cuerpo aun no son las normales, la cabeza es notablemente mayor; los ojos aún se perciben como grandes esferas negras; las escamas de la parte anterior de cuerpo empiezan a diferenciarse en las extremidades y hasta la altura de los hombros pero no en la parte dorsal de la cabeza; no presenta membranas entre los dedos y las escamas no presentan pigmentación (Figura 18). Según lo anterior se deduce que el embrión se encuentra en la fase 36 de acuerdo al desarrollo embrionario descrito por Defaure y J. Hubert (1961) para *Lacerta vivipara*. Con fines de comparación en la Figura 20 se ilustra una foto de un embrión de *Lacerta vivipara* (Tomado de Defaure y Hubert, 1961).

En el caso del embrión observado el 23 de marzo, éste ya presentaba la forma típica de un ejemplar adulto, presenta uñas bien definidas, escamas pigmentadas en todo el cuerpo excepto por el color azul típico de la cola con la que ya nacen crías. Se distinguen claramente las líneas dorsolaterales (Figura 19). El organismo en general estaba completamente formado, sin embargo, ya que la pigmentación de las escamas aún no era completa en la cola podemos inferir que se encontraba en la fase 39 del desarrollo embrionario (ver Figura 21 para comparación).



**Figura.18.** Embriones de *Plestiodon indubitus* del 30 de marzo (Estadio 36).



**Figura.19.** Embriones de *Plestiodon indubitus* del 23 de marzo (Estadio 39).



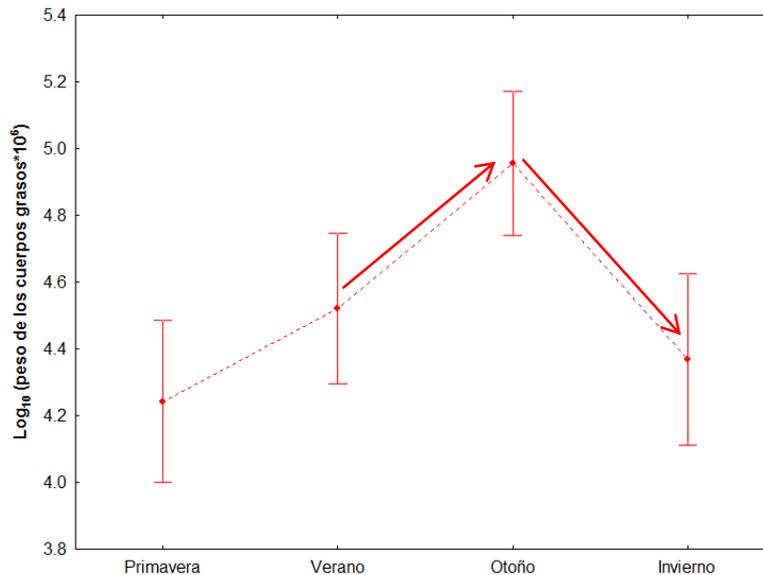
**Figura.20.** Estadio 36 del desarrollo embrionario para *Lacerta vivipara* (Defaure y Hubert, 1961). En éste estadio la membrana que une a los dedos va desapareciendo, las uñas se esbozan en los extremos de los dedos y en éste sitio hay una concentración importante de pigmento. Algunas escamas del cuerpo comienzan a esbozarse.



**Figura.21.** Estadio 39 del desarrollo embrionario para *Lacerta vivipara* (Defaure y Hubert, 1961). En éste estadio las patas y los dedos se cubren de escamas que no están totalmente diferenciadas. Las escamas del hocico comienzan a diferenciarse y las escamas del cuerpo presentan pigmentación.

## Ciclo de cuerpos grasos

El ciclo de los cuerpos grasos en las hembras varió significativamente de verano a invierno (Figura 22), presentando su máximo en el otoño y descendiendo considerablemente en invierno, cuando inicia la gestación.

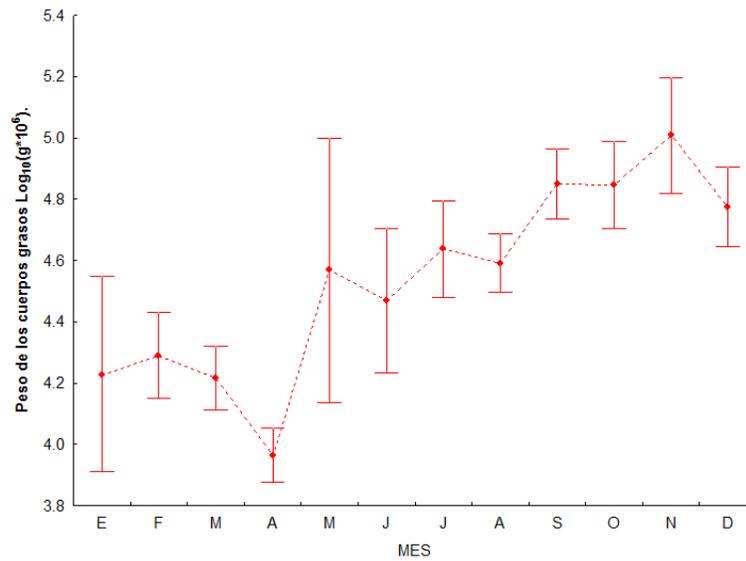


**Figura.22.** Cambios en las medias de los cuerpos grasos por estación en las hembras de *P. indubitus*. Las líneas verticales indican  $\pm 1$  error estándar. Las flechas señalan las estaciones donde se presentaron diferencias significativas (detectadas por la prueba de contraste posterior de Bonferroni  $p < 0.05$ ).

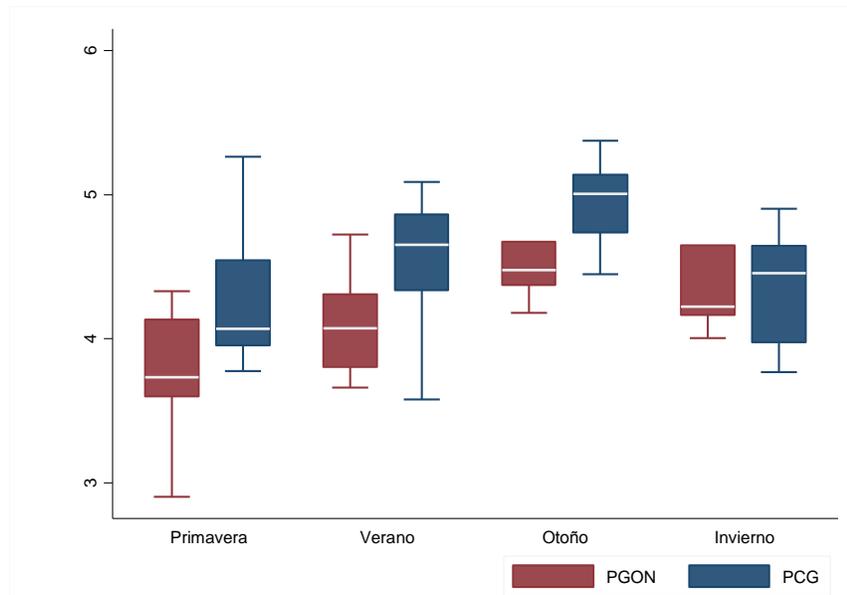
La figura 23 muestra los cambios mensuales en el peso de los cuerpos grasos de las hembras, en ella se observa que permanecen ligeros de enero a marzo, llegando a un mínimo en abril, en el mes de mayo se nota un incremento en el peso, el cual continúa hasta llegar al máximo en noviembre, para diciembre inicia el descenso en el peso, coincidiendo éste mes con la ovulación.

Al comparar el peso de las gónadas y de los cuerpos grasos por estación se puede observar una relación inversa entre éstos dos (Figura 24). De la primavera al otoño el peso de las gónadas es bajo, en comparación al de los cuerpos grasos, para el invierno el peso de las gónadas empieza a

incrementar y el de los cuerpos grasos a decrecer, sin embargo, como ya se mencionó anteriormente se necesita un mayor muestreo para detectar mejor la relación y los cambios de los ciclos de gónadas y lípidos en invierno.



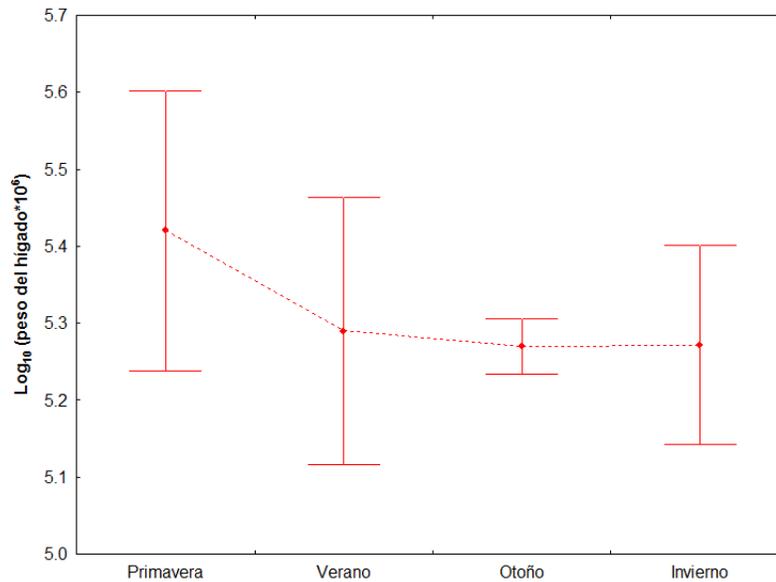
**Figura.23.** Cambios en los valores medios mensuales del peso de los cuerpos grasos en las hembras de *Plestiodon indubitus* a lo largo del año. Las líneas verticales muestran  $\pm 1$  error estándar.



**Figura.24.** Diagramas de caja para los pesos de las gónadas (PGON) y de los cuerpos grasos (PCG) por estación en las hembras de *Plestiodon indubitus*.

## Ciclo del hígado en hembras

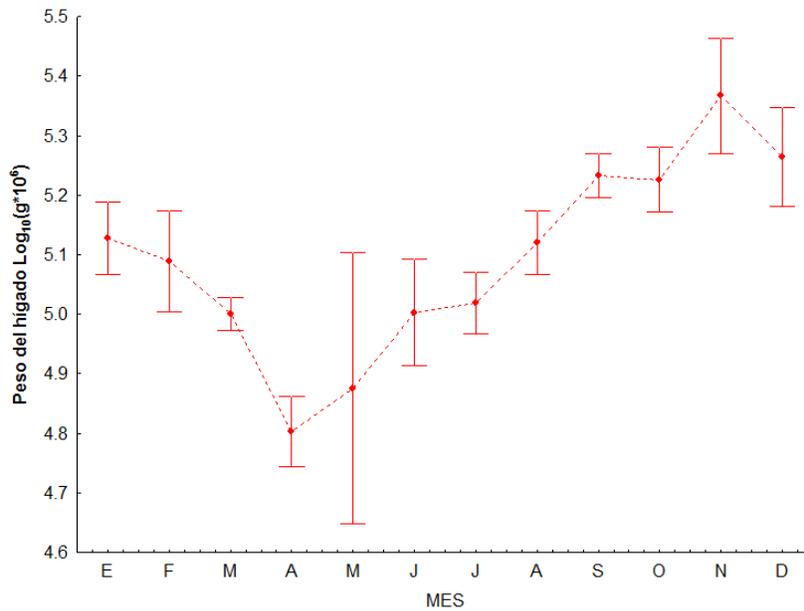
El peso del hígado no presentó diferencias significativas a lo largo de las estaciones. Sin embargo en la figura 25 se observan variaciones, el hígado aparentemente es más pesado en primavera y ligero de verano a invierno.



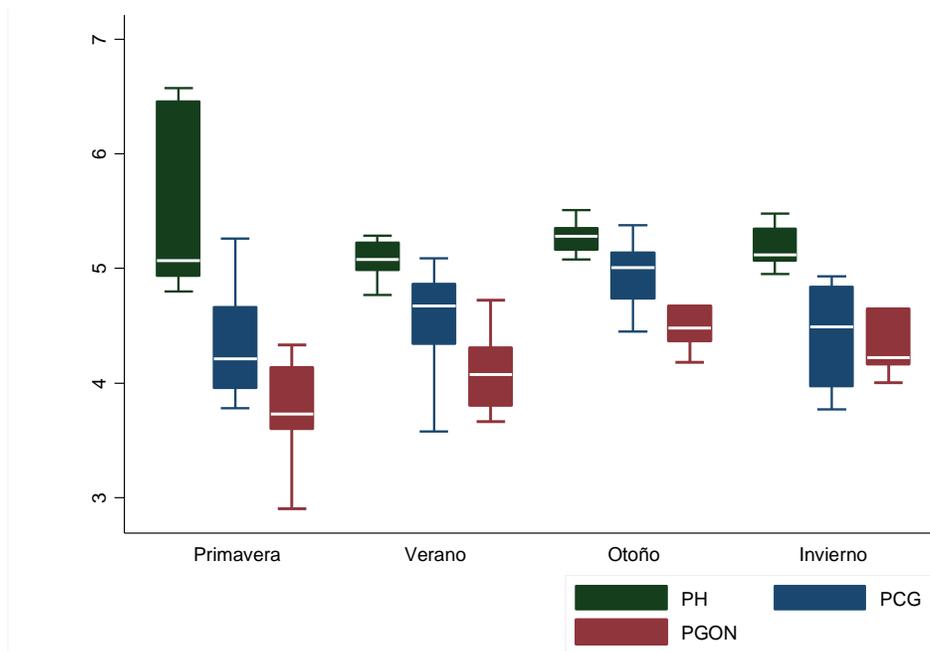
**Figura.25.** Variaciones estacionales en las medias del peso del hígado en las hembras de *P. indubitus*. Las líneas verticales indican  $\pm 1$  error estándar.

La figura 26 muestra los cambios mensuales en el peso del hígado, en ella se puede notar como el peso empieza a incrementar notablemente a partir del mes de julio, hasta alcanzar un máximo en el mes de noviembre, en diciembre inicia el descenso en su peso, coincidiendo con la ovulación, a partir de este mes continúa decreciendo a lo largo de todo el periodo de gestación, hasta llegar a un mínimo en abril, que es cuando inician los nacimientos.

En la figura 27 se muestra la relación entre el peso del hígado, de los cuerpos grasos y de las gónadas, si bien no es tan notable la fluctuación entre el peso del hígado como en las demás variables, sí es evidente la similitud entre los cambios a lo largo de las estaciones, ya que en los tres casos se presentan los máximos en otoño y los mínimos en primavera.



**Figura.26.** Cambios en los valores medios mensuales del peso del hígado en las hembras de *Plestiodon indubitus* a lo largo del año. Las líneas verticales muestran  $\pm 1$  error estándar.



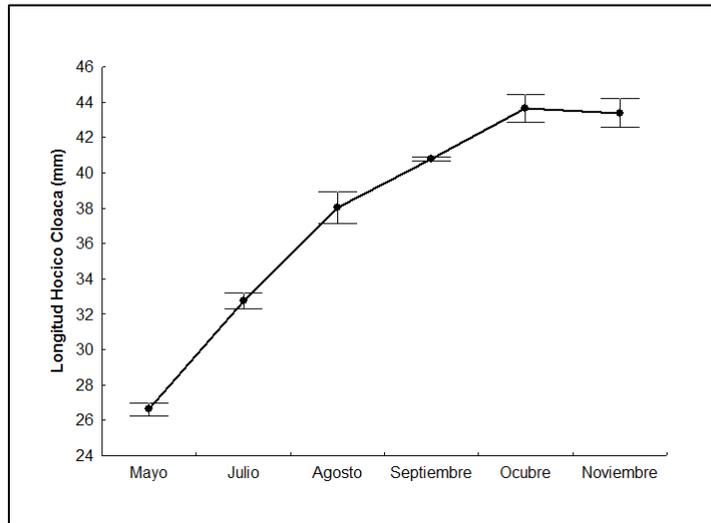
**Figura.27.** Diagrama de caja para el peso de las gónadas (PGON), peso de los cuerpos grasos (PCG) y peso del hígado (PH) en las hembras de *P.indubitus*.

## Talla a la madurez sexual

Los tres machos más pequeños con testículos engrandecidos midieron 55.82, 58.92 y 61.56 mm de LHC. Las hembras más pequeñas con huevos en el oviducto tuvieron de LHC 58.06, 58.58 y 59.34 mm; mientras que las hembras con folículos agrandados midieron de LHC 55.38, 60.74 y 61.72 mm. Tomando en cuenta los promedios de machos y hembras (considerando las tres más pequeñas) podemos decir que la talla a la que alcanzan la madurez sexual en machos y hembras es muy similar, aparentemente es mayor el promedio de los machos (58.76 mm) que el de las hembras (57.34 mm).

La tabla 9 muestra los resúmenes estadísticos mensuales del peso corporal, longitud hocico cloaca y otras tres medidas morfométricas en los organismos juveniles colectados de mayo a noviembre. Dado que todas las crías de mayo nacieron en el laboratorio, se tomaron como punto de partida para determinar la velocidad de crecimiento de los organismos, de este modo, de mayo a julio habían incrementado su LHC 6.14 mm, siendo su tasa de crecimiento en estos dos meses de 0.1023 mm por día. En la figura 28 se observa que la velocidad de crecimiento disminuye a partir del mes agosto y hasta el mes de octubre su tasa de crecimiento es de 0.093 mm por día. Para el mes de noviembre se nota una ligera disminución en la LHC de los organismos, posiblemente debido al poco número de organismos colectados en los meses de octubre y noviembre.

La LHC de los organismos para el mes de noviembre es de  $43.38 \pm 0.82$  mm, cerca de 14 mm menor que la talla mínima a la que alcanzan la madurez sexual, considerando que la velocidad de crecimiento sea igual o incluso menor por día que para los meses de agosto a octubre, tardarían aproximadamente cinco meses más a partir de noviembre para alcanzar la talla mínima para la madurez sexual, por tanto podemos decir, que los organismos de *P.indubitus* comienzan a reproducirse en su segundo año de vida.



**Figura.28.** Crecimiento en los juveniles de *Plestiodon indubitus* a lo largo de seis meses de muestreo. Las líneas verticales muestran  $\pm 1$  error estándar.

**Tabla.9.** Promedios e intervalos de variación del peso corporal (PC) y cuatro variables morfométricas en ejemplares juveniles de *Plestiodon indubitus*. N= Número de ejemplares colectados por mes; LHC= Longitud Hocico Cloaca; LTR= Longitud del tronco; ACAB= Ancho de la cabeza; LCAB= Largo de la cabeza. Todos los promedios presentan  $\pm 1$  Error estándar.

Mes	N	PC	LHC	LTR	ACAB	LCAB
Abril	7	0.34 ± 0.012 (0.3 - 0.4)	26.88 ± 0.647 (24.72 - 29.16)	14.05 ± 0.449 (11.88 - 15.32)	---	---
Mayo	35	0.364 ± 0.0068 (0.276 - 0.46)	26.90 ± 0.187 (24.5 - 30.86)	14.457 ± 0.1668 (11.56 - 16.44)	4.402 ± 0.046 (3.88 - 5.02)	6.69 ± 0.044 (6.16 - 7.3)
Julio	2	0.67 ± 0.055 (0.62 - 0.73)	32.76 ± 0.44 (32.32 - 33.2)	18.91 ± 0.49 (18.42 - 19.4)	5.53 ± 0.01 (5.52 - 5.54)	7.55 ± 0.01 (7.54 - 7.56)
Agosto	11	1.031 ± 0.13 (0.36 - 1.66)	38.043 ± 0.893 (34.28 - 43.8)	21.925 ± 0.77 (18.86 - 27.6)	5.325 ± 0.309 (2.7 - 6.56)	8.032 ± 0.3926 (4.48 - 9.38)
Septiembre	8	1.31 ± 0.0787 (1.01 - 1.6)	40.775 ± 1.259 (33 - 44.82)	23.46 ± 0.9693 (20.72 - 29.64)	5.983 ± 0.0755 (5.55 - 6.2)	8.34 ± 0.156 (7.68 - 9.12)
Octubre	4	1.41 ± 0.138 (1.094 - 1.75)	43.64 ± 0.796 (41.36 - 44.82)	26.605 ± 0.613 (25.08 - 28.08)	6.18 ± 0.2186 (5.78 - 6.72)	8.65 ± 0.244 (7.94 - 9)
Noviembre	4	1.409 ± 0.087 (1.253 - 1.55)	43.38 ± 0.82 (41.82 - 44.6)	24.346 ± 0.669 (23.18 - 25.5)	6.28 ± 0.167 (6 - 6.58)	9.42 ± 0.506 (8.42 - 10.02)

## Ciclo reproductivo en los machos

El ANMUNCOVA detectó diferencias significativas entre estaciones en las variables conjuntas dependientes relacionadas al ciclo reproductivo y de cuerpos grasos en los machos de *P.indubitus*: PTD, PCG y PH (Peso del testículo derecho, peso de los cuerpos grasos y peso del hígado) (Tabla 10).

**Tabla.10.** Valores de *F*, grados de libertad (*gl*) y significancia (*p*) correspondientes al ANMUCOVA realizado para detectar diferencias significativas en las variables conjuntas relacionadas con los ciclos reproductivo y de lípidos.

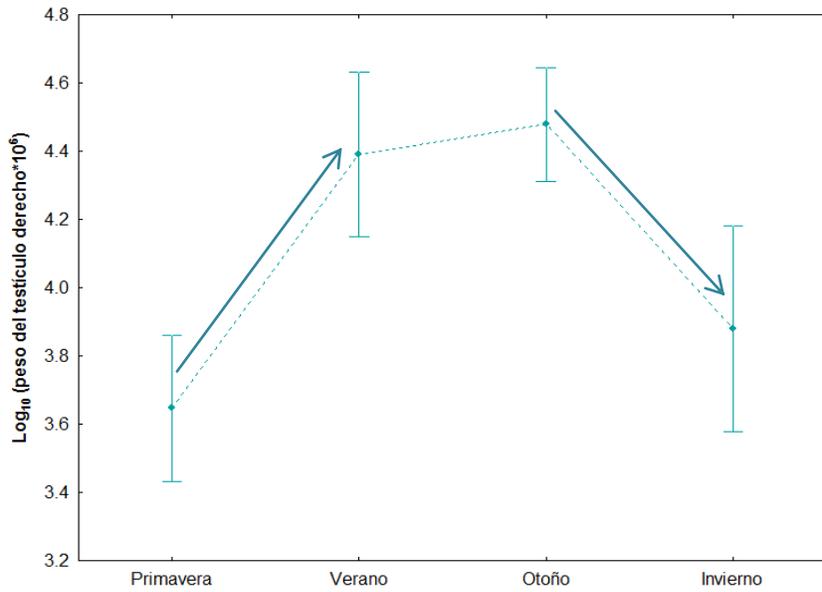
<b>Prueba</b>	<b><i>F</i></b>	<b><i>gl</i></b>	<b><i>p</i></b>
Wilks' lambda	6.98	9, 102.4	<b>0.0000</b>
Pillai's trace	4.73	9, 132	<b>0.0000</b>
Lawley-Hotelling trace	9.34	9, 122	<b>0.0000</b>
Roy'slargestroot	29.32	3, 44	<b>0.0000</b>

## Ciclo testicular

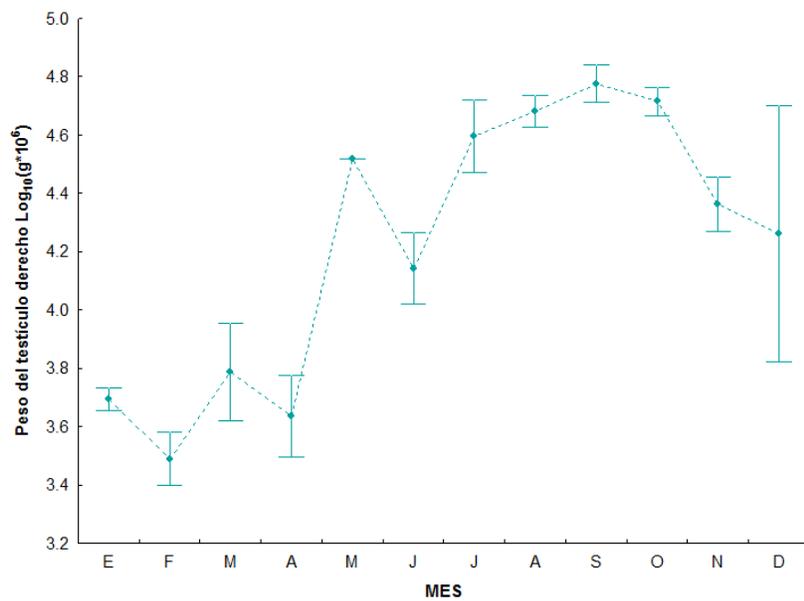
Se presentaron cambios significativos en el peso del testículo derecho de primavera a verano y de otoño a invierno, del mismo modo se observa en la figura 29 que los testículos son más pesados durante el otoño y ligeros durante la primavera.

Los cambios mensuales en el peso testicular se presentan en la figura 30, se puede observar que las gónadas de los machos permanecen ligeras de enero a abril, el incremento inicia a partir de junio y continúa hasta llegar a un máximo en el mes de septiembre, a partir de éste mes inicia un marcado descenso en el peso testicular hasta llegar a un mínimo en febrero.

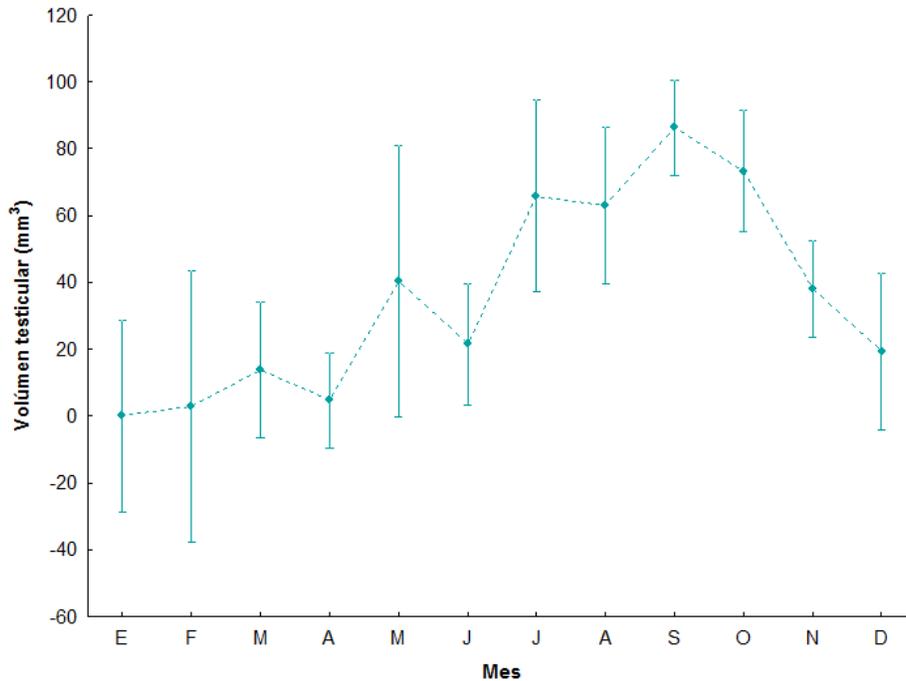
La figura 31 muestra las fluctuaciones en el volumen del testículo derecho a lo largo del año, en ella es notable la similitud con el comportamiento del peso testicular de la figura 30, ya que se aprecian los mínimos de enero a abril, y los máximos de agosto a octubre con un descenso marcado en noviembre y diciembre.



**Figura.29.** Cambios estacionales en los promedios del peso del testículo derecho en *P. indubitus*. Las líneas verticales indican  $\pm 1$  error estándar. Las flechas señalan las estaciones donde existen diferencias significativas (detectadas por la prueba de contraste posterior de Bonferroni  $p < 0.05$ ).



**Figura.30.** Cambios en los valores medios mensuales del peso del testículo derecho en los machos de *P. indubitus* a lo largo del año. Las líneas verticales muestran  $\pm 1$  error estándar.

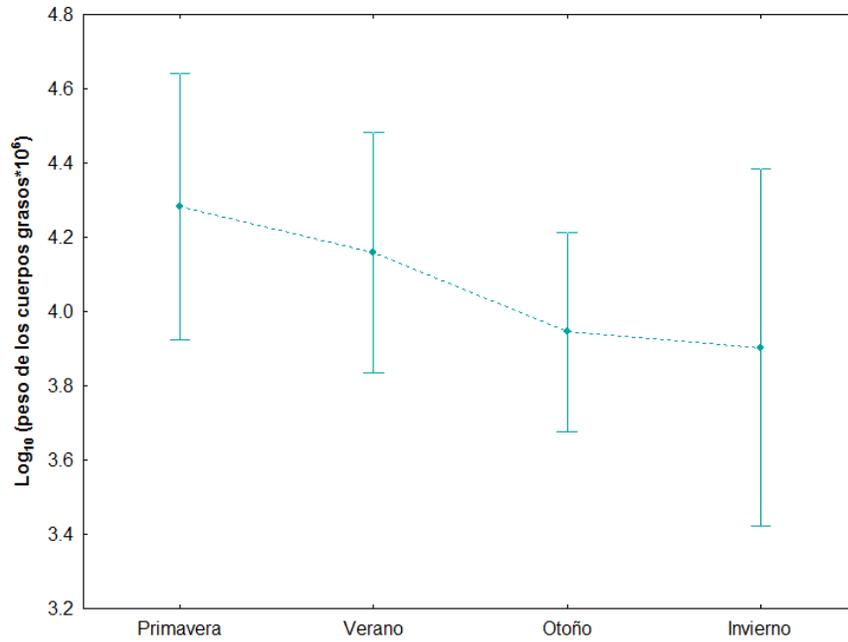


**Figura.31.** Cambios en los valores medios mensuales del volumen testicular en los machos de *P. indubitus* a lo largo del año. Las líneas verticales muestran  $\pm 1$  error estándar.

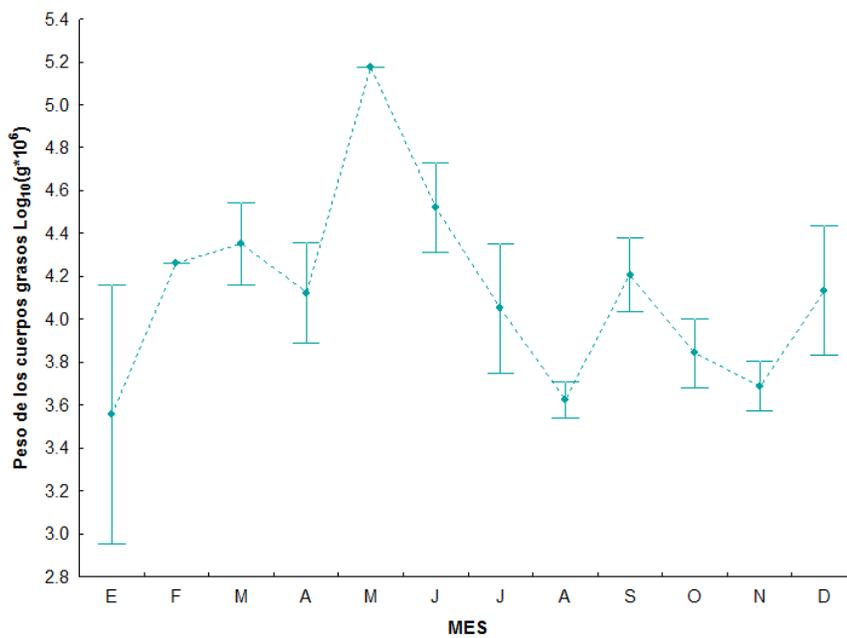
### Ciclo de los cuerpos grasos en machos

Los cambios en el peso de los cuerpos grasos a lo largo de las estaciones no fueron significativos. La figura 32 muestra los valores promedio ( $\pm 1$ ES) por estación de los cuerpos grasos. Un aspecto que es evidente es la variación en el peso de los cuerpos grasos (ES muy amplios). Esta variación pudo influir en la detección de cambios significativos. Por otro lado, dada la variación en el peso de los cuerpos grasos, es evidente que los machos almacenan grasa y la utilizan en cierto o ciertos periodos. No obstante, los datos no permiten detectar un ciclo estacional claro en las fluctuaciones del peso de los cuerpos grasos.

En la figura 33 se observan los cambios mensuales en el ciclo de los cuerpos grasos en los machos, se observan fluctuaciones a lo largo de todo el año, aparentemente se presenta un máximo en el mes de mayo, sin embargo este pico está dado por un dato único, por lo que se necesitaría un mayor muestreo para poder apreciar lo que realmente sucede en este mes. Los mínimos se dan en los meses de agosto, noviembre y enero.



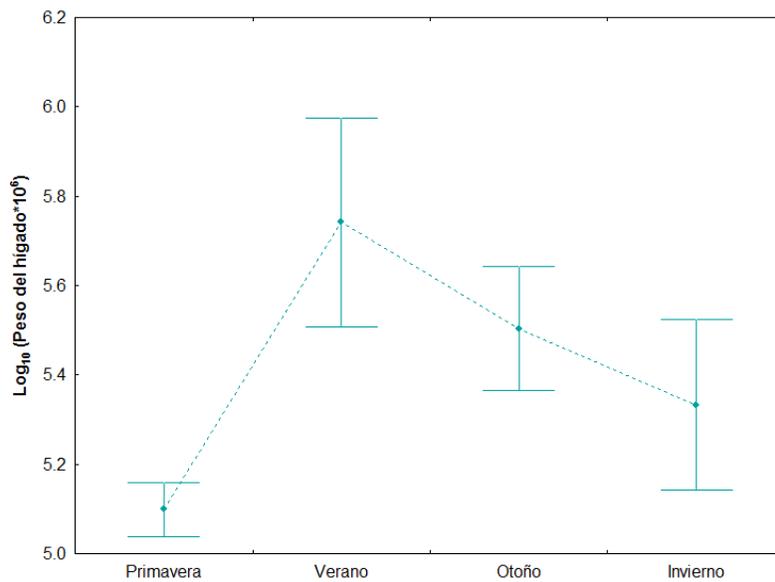
**Figura.32.** Variaciones estacionales en los promedios del peso de los cuerpos grasos en los machos de *P. indubitus*. Las líneas verticales indican  $\pm 1$  error estándar.



**Figura.33.** Cambios en los valores medios mensuales del peso de los cuerpos grasos en los machos de *P. indubitus* a lo largo del año. Las líneas verticales muestran  $\pm 1$  error estándar.

### Ciclo del hígado en machos

La prueba de contraste de Bonferroni no detectó diferencias significativas a lo largo de las estaciones para el peso del hígado. Sin embargo, la figura 35 sugiere que existen fluctuaciones en el peso de este órgano a lo largo del año. Se observa un máximo en verano mientras que el mínimo se da durante la primavera.



**Figura. 35.** Cambios estacionales de los promedios en el peso del hígado en los machos de *P. indubitus*. Las líneas verticales indican  $\pm 1$  error estándar.

## DISCUSIÓN

### Dimorfismo sexual

*Plestiodon indibitus* no presenta dimorfismo sexual ni en peso ni en tamaño al igual que *P. fasciatus* (Vitt y Cooper, 1986), y a diferencia de *P. lynxe* (Ramirez-Bautista et. al., 1998) y *P. copei* (Ramirez-Bautista et. al., 1996), donde las hembras son significativamente más grandes, por el contrario, y de *P. laticeps* donde el macho presenta un mayor tamaño corporal que la hembra (Vitt y Cooper, 1985). Slodki y Valdecantos (2011) señalaron que especies que no revelan diferencias en LHC entre los sexos, los machos tienden a tener cabezas más grandes y troncos más cortos que las hembras (Vitt, 1983; Cooper y Vitt, 1989; Hews, 1996; Olsson y Madsen, 1998; Vitt y Cooper, 1985), compensándose así las longitudes totales, tal y como ocurre con nuestra especie.

La ausencia de dimorfismo sexual en tamaño (DST) puede resultar si presiones selectivas diferentes actúan en cada sexo. Por ejemplo, en especies en donde los machos son agresivos entre sí, la selección intrasexual puede favorecer a los machos relativamente grandes en virtud de que su tamaño les confiere ventajas sobre los más pequeños en combates por el acceso a las hembras (Shiney y Fitzgerald, 1995), mientras que la selección a favor de una fecundidad alta puede beneficiar a las hembras relativamente grandes. El resultado sería ausencia de DST. Los datos no permiten inferir claramente qué ocurre en *P. indubitus*: no se observaron señales de agresión como mordidas en el cuerpo ni interacciones agresivas entre machos. Esto es, no hay razón para asumir la presencia de selección intrasexual (si bien, realmente se desconoce el comportamiento sexual de esta especie). Por otro lado, sí se detectó una relación positiva entre el tamaño de la hembra y el tamaño de camada, lo que sugiere que la selección puede favorecer a las hembras de mayor talla.

El dimorfismo sexual puede manifestarse de diversas maneras en distintas especies, en el caso de *Plestiodon indubitus* se presentan diferencias morfométricas marcadas entre machos y hembras, en éstas últimas el tronco es notablemente más largo, esto podría vincularse con la fecundidad, pues los troncos más largos en las hembras se han atribuido a la selección para el aumento en el volumen abdominal y de este modo pueden proveer espacio extra para los huevos o el desarrollo de las crías (Forsman and Shine, 1996; Olsson et al., 2002, Vitt and Congdon, 1978), además este

mecanismo permitiría a la hembra alojar los huevos linealmente a lo largo del oviducto sin superponerse.

Los resultados de este documento se unen a los de algunos autores que consideran las diferencias sexuales en el largo del tronco como una de las expresiones más extendidas del dimorfismo sexual en las lagartijas, y particularmente en los escíncidos (Greer, 1989; Forsman y Shine, 1995; Hudson, 1997), confirmando que el dimorfismo sexual favoreciendo el largo del tronco en las hembras de los escíncidos de montaña es un objetivo directo de la selección intrasexual femenina.

No ha sido documentada la causa anatómica exacta del porqué la diferencia en el largo del tronco entre los sexos. Al respecto Schwarzkopf (2005) menciona en su estudio que podría ser debido a las diferencias en el largo de las vértebras actuales o en el tamaño de los cartílagos intervertebrales.

Se detectó dimorfismo sexual sesgado hacia los machos en algunos rasgos morfológicos. La cabeza es notablemente más grande en machos que en hembras tanto en largo como en ancho. Diversos estudios han sugerido que este tipo de dimorfismo puede estar relacionado con la competencia entre machos por el acceso a las hembras (Stamps 1983, Shine 1989, Anderson & Vitt 1990, Cooper & Vitt 1993). Una cabeza grande equivale a una mandíbula grande, de modo que los machos más cabezones pueden tener una mordida más fuerte y de este modo tener ventaja sobre machos más pequeños. En machos territoriales los machos con cabezas relativamente grandes podrán salvaguardar territorios de mayor tamaño (Trivers, 1972), tener más hembras e incrementar su progenie (Stamps, 1983) y en general obtener un estatus jerárquicamente superior (Carothers, 1984).

Otra posible respuesta al tamaño más grande en la cabeza de los machos puede ser el aumento en la musculatura en el cráneo para tener más fuerza, ya que ellos también pueden sujetar a las hembras con sus mandíbulas durante la cópula (Done y Heatwole, 1977) o bien, como se mencionó arriba, pueden dominar a otros machos durante el combate. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente sobre la ausencia de indicios de agresividad entre los machos de *P. indubitus*, sería más prudente sostener que la ventaja selectiva de poseer una cabeza más grande que las hembras es para sujetar a éstas durante la copulación.

Los machos de *P. indubitus* tienen una cola más larga que las hembras del mismo tamaño. Éste tipo de dimorfismo es común en lagartijas. Se han propuesto diferentes hipótesis para explicar

éste tipo de dimorfismo. Una mantiene que la base de la cola de los machos es más ancha puesto que a éste nivel se alojan los hemipenes. La cola más larga sería una consecuencia simple del crecimiento a partir de una base más ancha. Otra causa podría estar asociada al riesgo de depredación. Una cola más larga poseería más planos de ruptura. Los machos comúnmente exhiben mayor actividad que las hembras y esto puede exponerlo más frecuentemente a depredadores potenciales en comparación con las hembras. De este modo, la cola más larga compensaría el mayor riesgo de depredación en el sexo masculino. También, durante la cópula, la cola puede ser útil para mantener unidas las partes corporales que alojan los órganos reproductivos (la cola puede “enredarse” alrededor de la base de la cola de la hembra). De éste modo, los machos con colas más largas tendrían ventaja sobre los que poseen colas más cortas en virtud de que podrían extender más el periodo de cópula y verter más esperma en el tracto femenino. Si bien no se conoce casi nada acerca de la historia natural de *P. indubitus* es posible que más de una explicación aplique en su caso (y en el de otras especies). Es decir, las hipótesis planteadas no son mutuamente excluyentes y el dimorfismo sexual en la longitud de la cola podría surgir en virtud de la ocurrencia de dos o más factores.

Respecto al crecimiento alométrico, las crías de *P. indubitus* tienen la cabeza más grande en relación al cuerpo que en cualquier otra edad, por lo que sería factible considerar que al menos en algunos aspectos debe favorecer la supervivencia de las mismas durante sus primeras semanas de vida. Sobre esto Feria-Ortiz (en revisión) señaló que la supervivencia de las crías depende principalmente de su habilidad para evadir depredadores y conseguir alimento para crecer, por lo que el tamaño grande de la cabeza puede permitirles consumir presas relativamente grandes beneficiando la velocidad de crecimiento en las primeras semanas de vida.

Durante las primeras semanas de vida la LTR y la LC en relación al tamaño del cuerpo son más pequeñas en las crías, aumentando en los jóvenes y alcanzando valores cercanos a los de los adultos, este alargamiento en la etapa juvenil es común en especies con extremidades reducidas y podría proporcionar fuerza de propulsión durante la locomoción (Mount, 1963; Ritter, 1992).

Dadas éstas diferencias morfológicas en las proporciones de algunas partes del cuerpo de crías y jóvenes, se puede suponer que las diferencias sexuales presentes en los adultos se adquieren durante su crecimiento y no están presentes desde el nacimiento, como lo confirman las curvas unimodales obtenidas por el método de EDK's para las crías, sin embargo en el caso del largo de la cabeza las crías presentan un pequeño sesgo en la curva señalando que posiblemente existe

dimorfismo sexual en el tamaño de la cabeza; pese a este hallazgo, no podemos afirmar que las crías de *P. indubitus* nacen con la cabeza más larga que las hembras, pues la densidad de la segunda moda no es muy significativa.

### **Ciclo reproductivo de hembras**

*Plestiodon indubitus* presenta un patrón reproductivo típico de especies vivíparas que habitan en regiones de montaña. Este patrón otoñal se caracteriza por presentar el desarrollo vitelogénico en los meses de otoño, la ovulación y fertilización en el mes de diciembre y posiblemente en el mes de enero, la preñez tiene lugar a lo largo del invierno y principios de primavera, y los nacimientos ocurren desde finales de abril y durante todo el mes de mayo. Este ciclo ovárico es similar al que presentan las hembras de otras lagartijas vivíparas del género *Plestiodon* que habitan en altitudes elevadas. En *P. indubitus* como en *P. copei* (Ramírez-Bautista, 1996) y *P. lynxe* (Ramírez-Bautista, 1998) la actividad ovárica ocurre en otoño. En *P. copei* el nacimiento de las crías ocurre desde finales de mayo a julio, mientras que en *P. lynxe* las crías nacen en el mes de abril, esto se debe al periodo de gestación prolongado en *P. copei* (8 – 9 meses) comparado con el de *P. lynxe* (5 meses) que es aproximado al de *P. indubitus* coincidiendo las fechas de nacimientos en ambas especies.

No es raro que el ciclo reproductivo de *P. indubitus* sea similar al de *P. copei* y *P. lynxe*, sin embargo, el ciclo reproductivo también es similar al de lagartijas de otros grupos taxonómicos que habitan a grandes altitudes. *Sceloporus grammicus* (Ramírez-bautista, 2009) y *Barisiaimbricata* (Guillette y Casas-Andreu, 1987), por ejemplo, pertenecen a familias muy diferentes y también exhiben un ciclo reproductivo otoñal. Esto, y el hecho de que las especies de *Plestiodon* ovíparas generalmente se encuentran en bajas altitudes (*P. fasciatus*, Vitt y Cooper, 1986) apoyan la hipótesis de que la crianza otoñal evolucionó en ambientes de montaña. Este patrón reproductivo representa muchas ventajas para las especies que lo adoptaron, entre las principales está la protección de las crías del clima frío y que éstas nazcan cuando las reservas de alimento son abundantes, permitiéndoles tener un crecimiento rápido en su primer año de vida.

### **Ciclo de los cuerpos grasos en hembras**

La acumulación de los cuerpos grasos inicia justo después de los nacimientos, pues en el mes de mayo es notable el incremento del peso de éstas estructuras después de presentar su mínimo en el mes de abril, cuando el desarrollo embrionario se encuentra en su última fase; después de los nacimientos, al liberarse de los embriones, recupera movilidad y la hembra ya es capaz de alimentarse nuevamente aprovechando la gran disponibilidad de alimento provista por la primavera. Esto es, después del periodo de gestación, inicia la acumulación de lípidos la cual se prolonga a lo largo del periodo de vitelogénesis y apareamiento, lo que indica que estos eventos no simbolizan un costo energético para las hembras. La energía necesaria para sostener el proceso de vitelogénesis la adquieren del alimento consumido. El almacenamiento de lípidos continúa hasta el mes de diciembre cuando la masa de los cuerpos grasos empieza a decrecer. En éste mes ocurre la ovulación y fertilización, y comienza el desarrollo embrionario. Durante la gestación disminuye significativamente el peso de los cuerpos grasos, lo que sugiere que éste suceso representa un costo energético alto, como ocurre en otras especies vivíparas de montaña (Guillette y Casas-Andreu, 1980; Ramírez-Bautista et al., 2002). El estrés energético en este período es notable si se considera que durante la gestación las hembras prácticamente no se alimentan y tienen que calentar sus cuerpo por arriba de la temperatura corporal mantenida cuando no están preñadas con el fin de favorecer el desarrollo embrionario (Moreno-Gutiérrez, 2011). Es factible suponer por lo tanto que la energía almacenada es empleada principalmente para la manutención durante el invierno.

### **Gestación y tamaño de camada**

En la población de *P. indubitus* de Huitzilac, Morelos, las crías nacen de principios de abril a principios de mayo. Si bien, al igual que *P. indubitus*, casi todas o todas las especies del grupo *brevirostris* son vivíparas de crianza otoñal, las fechas en las que nacen las crías varía ampliamente dentro del mismo. En las hembras de *P. dicei* de Coahuila y Nuevo León y Tamaulipas las crías nacen en julio (Feria-Ortiz, et al., 2007), alrededor de dos meses después de la fecha de nacimiento de la población estudiada. Por el contrario, las poblaciones de *P. brevirostris* (Feria-Ortiz, 2007; López-Hernández, 2008) que habitan en la región sur del país (Oaxaca) tienen a sus crías desde el mes de marzo, alrededor de un mes antes de la fecha correspondiente a la

población de *P. indubitus* de Morelos. En una población de *P. lynxe* de Pinal de Amoles, Querétaro, las crías nacen durante abril (Ramírez-Bautista, et al., 1998) similar a lo que ocurre en la especie estudiada.

En este estudio se siguió la recomendación de King (2000) para obtener la línea de regresión entre el tamaño de la hembra y el tamaño de su camada. Esto es, en lugar de utilizar datos crudos se utilizaron datos log transformados de LHC (o peso corporal) y tamaño de camada para obtener la línea de regresión. De acuerdo a King (2000) esto tiene varios efectos: (i) permite interpretar a la pendiente de la recta obtenida como un coeficiente de alometría, (ii) favorece el ajuste de los datos a los requerimientos del análisis de regresión (normalidad y homogeneidad de varianzas) y (iii) puede “alinearse” la relación LHC-tamaño de camada, la cual tiende a ser curvilínea cuando se utilizan datos crudos.

De acuerdo a King (2000), cuando la estrategia reproductiva no difiere entre hembras pequeñas y grandes se espera que las rectas de regresión  $\log\text{LHC}-\log\text{TCA}$  y  $\log\text{PCO}-\log(\text{TCA})$  tengan pendientes de 3 y 1, respectivamente. La razón es que dado que el aumento en el tamaño de camada se debe al aumento en el espacio disponible para alojar las crías se espera una relación isométrica entre el aumento en el peso corporal y el aumento en el tamaño de camada (el volumen abdominal, al igual que la masa corporal, generalmente es una función cúbica de la longitud hocico cloaca). Asimismo, se espera un coeficiente de alometría de 3 para la recta  $\log\text{LHC}-\log\text{TCA}$ . Las pendientes obtenidas en éste estudio (0.8 y 2.8, para el peso y la LHC, respectivamente) sugieren una relación isométrica entre el tamaño de la hembra y el tamaño de camada. El aumento en el tamaño de camada se debe simplemente al aumento en el espacio abdominal y no a la adopción de estrategias reproductivas distintas por parte de hembras grandes y pequeñas.

### **Edad y talla a la madurez sexual**

La LHC promedio (24.8-28.98; n = 41) de las crías al momento de nacer fue de 26.79 mm (Tabla 8). La talla mínima a la madurez sexual de machos y hembras fue 58.76 mm y 57.34 mm respectivamente, lo que significa que necesitan crecer alrededor de 32 mm para llegar a la talla mínima para la madurez sexual. Sin embargo para el mes de noviembre sólo han crecido cerca de 17 mm, y considerando que la velocidad empieza a decrecer a partir del mes de octubre es seguro

decir que *Plestiodon indubitus* no alcanza la madurez sexual en su primer año de vida, como ocurre en algunas otras especies, principalmente de clima cálido.

Algunos nacimientos ocurren a partir del mes de abril y el resto a lo largo del mes de mayo, coincidiendo con el inicio de la temporada de lluvias y el incremento de la temperatura. Esto se entiende como una de las ventajas de presentar actividad reproductiva otoñal, pues las crías nacen cuando las condiciones climáticas son favorables y las reservas de alimento son abundantes, esto confirma lo señalado por Andrews (1982) sobre la influencia de la temperatura (y la disponibilidad alimenticia) en el crecimiento de las lagartijas de zonas templadas, siendo ésta de dos maneras, la primera se refiere a que los lagartos sólo crecen durante la temporada de actividad, que se caracteriza por la disponibilidad de un clima adecuado (temperatura y humedad), y en segundo lugar se refiere a las tasas de crecimiento durante las diferentes partes de la temporada de actividad, las cuales varían de acuerdo a los cambios estacionales de la temperatura, la precipitación y la disponibilidad de alimento.

Lo anterior explicaría el rápido crecimiento que se observa de mayo a septiembre (Figura 28), pues es cuando la temperatura y la precipitación están en sus máximos niveles del año, y como consecuencia la disponibilidad de alimento es abundante. A partir de septiembre se nota una disminución en la velocidad de crecimiento hasta noviembre, sin embargo se necesitarían muestreos de juveniles en meses posteriores para poder observar con más detalle el comportamiento de la curva de crecimiento.

La velocidad de crecimiento y el éxito del organismo de alcanzar la edad y talla a la madurez sexual dependen de diversos factores, como la ya señalada disponibilidad de alimento, el almacenaje de reservas, funciones inmunes y mecanismos de defensa, ya que el rápido crecimiento, debido al gran esfuerzo de alimentación, implica un mayor riesgo a ser depredado (Gotthard, 2000), lo que podría explicar el azul intenso en las colas de los organismos juveniles, pues al verse en riesgo la cola desprendida actuaría como distracción permitiendo a la lagartija escapar, a diferencia de los organismos adultos que podrían confiar más en su habilidad de escape perdiendo la intensidad del color con la edad (Mattison, 1989).

## Ciclo reproductivo en machos

A diferencia de las hembras, la reactivación testicular en los machos inicia a principios del verano, y es en septiembre cuando los testículos alcanzan su mayor peso y volumen. Ya que el agrandamiento testicular generalmente coincide con la mayor disponibilidad de esperma viable, es factible considerar que es principalmente en septiembre cuando ocurre el apareamiento. Éste mismo comportamiento lo presenta *P. lynxe* (Ramírez-Bautista, 1998), mientras que en *P. copei* (Ramírez-Bautista, 1996) la reactivación testicular inicia en primavera y alcanza su máximo en verano.

Es evidente la asincronía entre los ciclos gonadales de machos y hembras de ésta especie. La máxima actividad testicular ocurre en el mes de septiembre, mientras que las hembras inician su actividad ovárica en el mes de agosto, con un máximo en el mes de diciembre, cuando ocurre la ovulación y fertilización. El desfase es de alrededor de dos meses.

Debido a la asincronía de los ciclos reproductivos de machos y hembras es evidente pensar que existe almacenamiento de esperma en alguna parte del tracto reproductor de la hembra para utilizarlo en la fertilización al momento de la ovulación. Este fenómeno no es extraño entre los reptiles, ya que se ha observado que entre los pliegues de la vagina de diversos saurios se presenta un Sistema de Túbulos Especiales para Almacenar Espermatozoides (STEAE) (Saint-Girons, 1962; Fox, 1963; Cuellar, 1966; Martínez-Torres, 2009). Particularmente se observó en un estudio realizado en *Sceloporus torquatus*, mediante lavados vaginales y cortes histológicos de vagina, útero e infundíbulo, que retienen espermatozoides en receptáculos seminales presentes en la vagina desde el momento del apareamiento hasta el último tercio de la gestación, sin embargo los mecanismos que regulan la liberación de espermatozoides del STEAE y la migración a las regiones superiores del oviducto han sido poco estudiadas en los reptiles (Martínez-Torres, 2009).

Y dado que el almacenaje de espermatozoides es una estrategia reproductora que permite el encuentro de gametos en aquellas especies que presentan un ciclo reproductor asincrónico entre los sexos, es lógico pensar que *Plestiodon indubitus* presente un STEAE similar al de *Sceloporus torquatus* donde almacene esperma hasta el momento de la ovulación y fertilización.

El patrón de reposo y reactivación testicular de *P. indubitus* es similar al que ha sido observado en muchas otras especies de lagartijas vivíparas que también habitan en zonas con clima de montaña,

*Sceloporus torquatus torquatus* (Feria-Ortiz, 2001), *S. jarrovii* (Ramírez-Bautista, 2002), *S. grammicus* (Ramírez-Bautista, 2009) y *S. mucronatus* (Méndez de la Cruz, 1988), pertenecientes a la familia Phrynosomatidae; *Barisia imbricata* (Guillette y Casas-Andreu, 1987) de la familia Anguidae, y algunas especies de la familia Scincidae, como los son *Plestiodon lynxe* (Ramírez-Bautista, 1998) y *P. copei* (Ramírez-Bautista, 1996).

### **Ciclo de los cuerpos grasos en machos**

No hubo cambios significativos en los promedios mensuales del peso de los cuerpos grasos. Sin embargo, el hecho que todos los machos tuvieron cuerpos grasos sugiere que éstos sí almacenan lípidos durante algún tiempo del año. Por otro lado, dada la variación individual notable en la cantidad de grasas almacenadas (ver errores estándar en la Figura 33) es factible considerar que la energía almacenada se utiliza para apoyar eventos específicos. Dos de los eventos energéticamente más costosos en el ciclo de vida de las lagartijas son la formación de territorios (en especies territoriales) y el apareamiento. Dado que *P. indubitus* no es una especie territorial es posible que la mayor parte de las grasas almacenadas se usen durante la época de apareamiento.

Es factible considerar que la ausencia de variación en el peso promedio estacional (y mensual) de los cuerpos grasos se debe principalmente a la alta variación en los pesos individuales de los cuerpos grasos y al número relativamente pequeño de machos adultos capturados en cada mes o incluso estación del año. No obstante, la ausencia de un patrón claro de almacenamiento y uso de lípidos sugiere que los machos no dependen tanto de los lípidos almacenados como ocurre con las hembras. Una diferencia notable entre los sexos es que durante la época desfavorable las hembras tienen que permanecer activas con el fin de mantener temperaturas corporales adecuadas para el desarrollo embrionario (en ésta época ocurre la preñez) mientras que los machos pueden evitar el estrés energético simplemente disminuyendo sus niveles de actividad. Durante la preñez es relativamente fácil encontrar hembras preñadas mientras resulta particularmente difícil detectar machos adultos.

## CONCLUSIÓN

*Plestiodon indubitus* no presenta dimorfismo sexual en el largo del cuerpo y el peso corporal, pero sí en cinco medidas corporales: los machos presentan cabezas, colas y cloacas más grandes que las hembras, mientras que en las hembras el largo del tronco es mayor, representando ventajas en algunas actividades reproductivas para ambos sexos. Este dimorfismo no está presente desde el nacimiento sino que se adquiere en el transcurso del crecimiento.

Machos y hembras maduran aproximadamente a la misma talla (58.76 y 57.34 mm respectivamente) y alcanzan esta talla en su segundo año de vida. La velocidad de crecimiento es rápida en sus primeros tres meses de vida cuando las condiciones de temperatura, precipitación y disponibilidad de alimento son las mejores, pero disminuye a medida que crecen y las condiciones climáticas no son las adecuadas para el forrajeo.

*Plestiodon indubitus* es una lagartija vivípara que presenta actividad reproductiva otoñal, en la cual la gametogénesis, el cortejo y el apareamiento ocurren en otoño, la preñez transcurre durante el invierno y los nacimientos tienen lugar en los primeros meses de primavera. El ciclo reproductivo es asincrónico, la máxima actividad ovárica se presenta en noviembre y diciembre, cuando ocurre la ovulación, mientras que la máxima actividad testicular es de agosto a octubre.

Las crías nacen a fines de abril y durante mayo, después de un período de gestación de alrededor de cinco meses. La fecha de nacimiento coincide con el comienzo de la época favorable. El tamaño de camada promedio fue de 4 crías, y estuvo positivamente relacionado con el peso y la longitud de la hembra. Los coeficientes de isometría involucrados sugieren que el número de crías aumenta en función del volumen abdominal de la hembra.

Las hembras de *Plestiodon indubitus* almacenan grasa durante la época favorable para utilizarla desde el momento de la ovulación hasta el término del desarrollo embrionario. Los machos también almacenan lípidos en los cuerpos grasos usándolos posiblemente para actividades reproductivas como la espermatogénesis, el cortejo y el apareamiento.

## LITERATURA CITADA

**ANDERSON, R. A. Y VITT L. J. 1990.** Sexual selection versus alternative causes of sexual dimorphism in teiid lizard. *Oecologia* 84:145-157.

**ANDREWS, R. M. Y B. R. ROSE. 1994.** Evolution of viviparity: Constraints on egg retention. *Physiological Zoology* 67: 1006-1024.

**ANDREWS, R. M., T. MATHIES, C. P. QUALLS Y E. J. QUALLS. 1999.** Rates of embryonic development of Sceloporus Lizard: Do cold climates favor the evolution of rapid development. *Copeia* 1999:692-700.

**AVERY, R. A. 1970.** Utilization of caudal fat by hibernating common lizards, *Lacerta vivipara*. *Comp. Biochem. Physiol.* 37:119-131.

**AXTELL, R. W. 1960.** A new subspecies of *Eumeces dicei* from the Sierra Madre Of Northeastern México. *Copeia* 1: 19-26.

**BALLINGER, R. E. 1973.** Comparative demography of two ovoviparous iguanid lizards (*Sceloporus jarrovi* and *Sceloporus poinsetti*). *Ecology* 54:269-283.

**BALLINGER, R. E. 1977.** Reproductive strategies: food availability as a source of proximal variation in a lizard. *Ecology* 58: 628-635.

**BELLAIRS, R. 1971.** Developmental processes in higher vertebrates. Univ. Miami Press, Coral Gables, Florida.

**BRANDLEY, C. M., H. OTA, T. HIKIDA, A. NIETO-MONTES DE OCA, M. FERIA-ORTIZ, X. GUO Y Y. WANG. 2012.** The phylogeny systematics of blue-tailed skinks (*Plestiodon*) and the family Scincidae. *Zoological Journal of the Linnean Society* 165:163-189.

**BUTLER, M. A., T. W. SCHOENER Y J. B. LOSOS. 2000.** The relationship between sexual dimorphism and habitat use in greater Antillean Anolis lizards. *Evolution* 54:259-272.

**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.

- CÁNOVAS, M. G., J. C. ACOSTA, H. J. VILLAVICENCIO Y A. J. MARINERO. 2006.** Dimorfismo sexual y morfometría de una población de *Liolaemus olongasta* (Iguania: Liolaeminae) en La Laja, Albardón, San Juan, República Argentina. 19(2):57-61.
- CAROTHERS J. H. 1984.** Sexual selection and sexual dimorphism in some herbivorous lizards. American Naturalist 124: 244-254.
- CHURCH, G. 1962.** The reproductive cycles of the Javanese House geckos, *Cosymbotus platyurus*, *Hemidactylus frenatus*, and *Peropus multilatus*. Copeia 1962:262-269.
- COOPER, W .E. Y L. J. VITT. 1993.** Female mate choice of large male broad-headed skinks. Animal Behaviour 45:683-693.
- COOPER, W. E., JR., Y L. J. VITT. 1989.** Sexual dimorphism of head and body size in an iguanid lizard: paradoxical results. Am. Nat. 133:729-735.
- CUELLAR, O. 1966.** Oviductal anatomy and sperm storage structures in lizards. Journal of Morphology 119:7-20.
- DEFAURE, J. P. Y J. HUBERT. 1961.** Table de développement du lézard vivipare: *Lacerta* (Zootaca) *vivipara* Jackin. Arch. Anat. Microscop. Morphol. Exp. 50:309-328.
- DEMARCO, V. Y L. J. GUILLETTE, JR. 1992.** Physiological cost of pregnancy in a viviparous lizard (*Sceloporus jarrovi*). The Journal of Experimental Zoology 262:383-390.
- DERICKSON, W. K. 1976.** Lipid Storage and Utilization in Reptiles. American Zoologist 16:711-723.
- DESSAUER, H. C. 1955.** Seasonal changes in the gross organ composition, in the lizard *Anolis carolinensis*. Journal of experimental Zoology 128:1-12.
- DIXON, J. R. 1969.** Taxonomic review of the Mexican skinks of the *Eumeces brevirostris* group. Contributions in Science, Natural History Museum of Los Angeles County 168:1-30.
- DONE, B. S. Y H. HEATWOLE. 1977.** Social behavior of some Australian skinks. Copeia 1977:419-430.
- DUELLMAN, E. W. 1962.** Directions for Preserving Amphibians and Reptiles. University of Kansas, Museum of Natural History 30: 37-40.

- DUNHAM, A. E. 1982.** Demographic and life-history variation among populations of the iguanid lizard *Urosaurus ornatus*: Implications for the study of life history phenomena in lizards. *Herpetologica* 38:208-221.
- FERGUSON, G. W., K. L. BROWN Y V. G. DE MARCO. 1982.** Selective basis for the evolution of variable egg and hatchling size in some iguanid lizards. *Herpetologica* 38:178-188.
- FERIA, O. M., A. NIETO-MONTES DE OCA E I. H. SALGADO-UGARTE. 2001.** Diet and Reproductive Biology of the Viviparous Lizard *Sceloporus torquatus torquatus* (Squamata: Phrynosomatidae). *Journal of Herpetology* 35: 104-112.
- FERIA, O. M. 2007.** *Plestiodon brevirostris* (Short-nosed Skink). Reproduction. *Herpetological Review* 38: 81.
- FITCH, H. S. 1970.** Reproductive cycles of lizards and snakes. *Museo de Historia Natural de le Universidad de Kansas* 52:1-247.
- FLORES, V. O. A. 1991.** Análisis de la distribución de la Herpetofauna de México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM.
- FORSMAN, A. Y R. SHINE. 1996.** Parallel geographic variation in reproductive life history within the Australian scincid lizard *Lampropholis delicata*K. *Functional Ecology* 9:818-828.
- FORSMAN A, SHINE R. 1995.** Sexual size dimorphism in relation to frequency of reproduction in turtles (Testudines: Emydidae). *Copeia* 1995:727-729.
- FOX, W. 1963.** Special tubules for sperm storage in female. *Nature*, 196:500-501.
- GAFFNEY, F. C. Y L. C. FITZPATRICK. 1973.** Energetics and lipid cycles in the lizard, *Cnemidophorus tigris*. *Copeia* 1973:446-452.
- GARCÍA-BERTHOU, E. Y R. MORENO-AMICH. 1993.** Multivariate analysis of covariance in morphometric studies of the reproductive cycle. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 50:1394-1399.
- GOLDBERG, S. R. 1971.** Reproductive cycle of the ovoviviparous iguanid lizard *Sceloporus jarrovi*. *Herpetologica* 27:123-131.

- GOLDBERG, S. R. 1972.** Seasonal weight and cytological changes in the fat bodies and liver of the iguanid lizard *Sceloporus jarrovi* Cope. *Copeia* 1972:227-232.
- GOLDBERG, S. R. 2002.** *Plestiodon brevirostris* (Short-nosed Skink). Reproduction. *Herpetological Review* 33:134.
- GREER, A. E. 1989.** The Biology and Evolution of Australian Lizards. Surrey Beatty, Sydney, NSW, Australia.
- GUILLETTE, L. J. JR., Y G. CASAS-ANDREU. 1980.** Fall reproductive activity in the high altitude. Mexican Lizard, *Sceloporus grammicus microlepidotus*. *Journal of Herpetology*. 14:143-147.
- GUILLETTE, L. J. JR., Y G. CASAS-ANDREU. 1987.** The reproductive biology of the high elevation Mexican lizard, *Barisia imbricata imbricata*, with notes on the other imbricata subspecies. *Herpetologica* 43: 29-38.
- GUILLETTE, L. J. JR Y F.R. MÉNDEZ DE LA CRUZ. 1993.** The reproductive cycle of the viviparous lizard *Sceloporus torquatus* (Sauria: Iguanidae). *Journal of Herpetology*. 27(2): 168-174.
- GUILLETTE JR., L. J., Y W. P. SULLIVAN. 1985.** The reproductive and fat body cycles of the lizard, *Sceloporus formosus*. *J. Herpetology* 19:474-480.
- GUILLETTE, L. J. JR. 1982.** The evolution of viviparity and placentation in the high elevation, mexican lizard *Sceloporus aeneus*. *Herpetologica* 38:94-103.
- GUILLETTE, L. J. JR. 1983.** Notes concerning reproduction of the montane skink, *Eumeces copei*. *Journal of Herpetology* 17:144-148.
- HEWS, D. K. 1996.** Size and scaling of sexually traits in the lizard, *Uta palmeri*. *J. Zool* 238: 743-757.
- HODDENBACH, G. A. 1966.** Reproduction in western Texas *Cnemidophorus sexlineatus* (Sauria: Teiidae). *Copeia* 1966:110-113
- HUDSON, S. C. 1997.** Patterns of life history, growth and morphology in south-eastern Australian viviparous skinks. Ph.D. diss., La Trobe University, Bundoora, Victoria, Australia.
- HUEY, R. B. 1977.** Egg retention in some high altitud *Anolis* lizards. *Copeia* 1977:373-375.

- KING, R. B. 2000.** Analyzing the relationship between clutch size and female body size in reptiles. *Journal of Herpetology* 34(1):148-150.
- LICHT, P. 1970.** Reptiles. Pp. 206-231 In G.E. Laming (Ed.). *Marshall's Physiology of Reproduction*. Vol. 1: Reproductive Cycles of Vertebrates. Churchill Livingstone, N.Y.
- LÓPEZ-HERNANDEZ, I. D., M. FERIA-ORTIZ Y M. MARTÍNEZ-CORONEL. 2008.** Tamaño de camada en *Plestiodon brevirostris*. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 16:15-17.
- MARTÍNEZ-TORRES, M. 2009.** Almacenamiento de espermatozoides en la vagina de la lagartija vivípara *Sceloporus torquatus* (Sauria: Phrynosomatidae). *Acta Zoológica Mexicana* 25(3): 497-506.
- MOUNT, R. H. 1963.** The natural history of the red-tailed skink, *Eumeces egregius* Baird. *American Midland Naturalist* 70:356-385.
- MUELLER, C. F. 1969.** Temperature and energy characteristics of the sagebrush lizard (*Sceloporus graciosus*) in Yellowstone National Park. *Copeia* 1969:153-160.
- 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.
- OLSSON, M., Y MADSEN. 1998.** Sexual selection and sperm competition in reptiles. Pp. 503-577. In A. P. Moller and T. R. Birkhead (Eds.). *Sperm Competition and Sexual Selection*. Academic Press, San Diego, California, U.S.A.
- POOLE, V. A. 2008.** Guía para el manejo de anfibios en cautiverio. Association of Zoos y Aquariums. México.
- POUGH, F. H., R. M. ANDREWS, J. E. CADLE, M. L. CRUMP, A. H. SAVITZKY y K. D. WELLS. 2004.** Reproduction and Life Histories of Reptiles. In *Herpetology* (eds.) (Eds L. Collen, T. R. Chung y S. L. Snavely), pags. 335-337. London, England. Ed. Pearson Prentice Hall.
- RAMÍREZ-BAUTISTA, A., Z. URIBE-PEÑA Y L. J. GUILLETTE JR. 1995.** Reproductive biology of the lizard *Urosaurus bicarinatus bicarinatus* (Reptilia: Phrynosomatidae) from rio balsas basin, Mexico. *Hepetologica* 51(1): 24-33.

**RAMÍREZ-BAUTISTA, A., L. J. GUILLETTE, JR., G. GUTIÉRREZ.MAYÉN Y Z. URIBE-PEÑA. 1996.** Reproductive biology of the lizard *Eumeces copei* (Lacertilia; Scincidae) from the Eje Neovolcanico, México. *Southwestern Naturalist* 41:103-110.

**RAMÍREZ-BAUTISTA, A., J. BARBA-TORRES Y L. J. VITT. 1998.** Reproductive cycle and brood size of *Eumeces lynxe* from Pinal de Amoles, Queretaro, México. *Journal of Herpetology* 32:18-24.

**RAMÍREZ-BAUTISTA, A., O. RAMOS-FLORES Y J. W. SITES JR. 2002.** Reproductive cycle of the spiny lizard *Sceloporus jarrovi* (Sauria: Phrynosomatidae) from North-Central México. *Journal of Herpetology*. 36(2):225-233.

**RAMÍREZ-BAUTISTA, A. 1995.** Demografía y reproducción de la lagartija arborícola *Anolis nebulosus* de la región de Chamela, Jalisco. Ph.D. Dissertation, Universidad Autónoma de México, Distrito Federal, México.

**RAMÍREZ-BAUTISTA, A., U. HERNÁNDEZ-SALINAS, A. LEYTE-MANRIQUE Y G. SÁNCHEZ-ROJAS. 2006.** Influencia del cuerpo graso e hígado en la reproducción de cuatro poblaciones de la lagartija *Sceloporus grammicus* del estado de Hidalgo, México. *Bol. Soc. Herpetol. Mex.* 14(2):1-11.

**RAMÍREZ-BAUTISTA, A., D. HERNÁNDEZ-RAMOS., A. ROJAS-MARTÍNEZ Y J. C. MARSHALL. 2009.** Fat bodies and liver mass cycles in *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) from southern Hidalgo, México. *Herpetological Conservation and Biology* 4:164-170.

**RAMÍREZ-PINILLA, M. P. 1991.** Reproductive and fat body cycles of the viviparous lizard *Liolaemus huacahuasicus*. *Journal of Herpetology*. 25(2): 205-208.

**SAINT-GIRONS, H. 1962.** Presence of receptacles seminaux chez les camaeons. *Beaufortia*,9:165-172.

**SALGADO-UGARTE, I.H. 1992.** El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones. Libro de texto, E.N.E.P. Zaragoza U.N.A.M. y Ediciones Marc, 250 p. (14 capítulos, 2 apéndices). I.S.B.N. 968-36-2439-1.

**SALGADO-UGARTE, I.H. 1995.** Nonparametric methods for fisheries data analysis and their application in conjunction with other statistical techniques to study biological data of the Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* in Tokyo Bay. Tesis de doctorado en Biociencia Acuática desarrollada en el Departamento de Pesquerías, Facultad de Agricultura de la Universidad de Tokio, Tokio, Japón, 389 p.

**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.

**SALGADO-UGARTE, I.H., J.L. GÓMEZ-MÁRQUEZ Y B. PEÑA-MENDOZA, 2005.** Métodos actualizados para análisis de datos biológicos-pesqueros. FES Zaragoza y DGAPA (PAPIME EN221403), 240 p. (10 capítulos, 5 apéndices). I.S.B.N. 970-32-3120-9.

**SALGADO-UGARTE, I.H., 2002.** Suavización no paramétrica para análisis de datos. FES Zaragoza y DGAPA (PAPIIT IN217596; PAPIME 192031), 139 p. (7 capítulos). I.S.B.N. 970-32-0292-6.

**SCHWARZKOPF LIN. 2005.** Sexual dimorphism in body shape without sexual dimorphism in body size in water skinks (*Eulamprus quoyii*). *Herpetologica* 61(2):116-123.

**SELCER, K. W. 1987.** Seasonal variation in fatbody and liver mass of the introduced Mediterranean Gecko, *Hemidactylus turcicus*, in Texas. *Journal of Herpetology* 21:74-78.

**SHINE R. 1989.** Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence. *Quarterly Review of Biology* 64: 419-461.

**SHINE, R. 1980.** "Costs" of reproduction in reptiles. *Oecologia* 46:92-100.

**SHINE, R. 1988.** Parental care in reptiles. *Biology of the Reptilia* 16: 275-329.

**SHINE R. Y FITZGERALD M. 1995.** Variation in mating systems and sexual size dimorphism between populations of the Australian python *Morelia spilota*. *Oecologia* 103: 490-498.

**SLODKI, D. Y S. VALDECANTOS. 2011.** Un paseo por el dimorfismo sexual. *IBIGEO - CONICET y Museo y Facultad de Ciencias Naturales* 1(2):96-104.

**SMITH, G. R., R. E. BALLINGER Y J. W. NIETFELDT. 1994.** Elevational variation of growth rates in neonate *Sceloporus jarrovi*: an experimental evaluation. *Functional Ecology* 8:215-218.

**SMITH, H. M. Y E.H. TAYLOR. 1966.** *Herpetology of Mexico*. Annotated checklist and keys to the amphibians and reptiles. A reprint of the bulletins 187, 194 and 199 of the U.S. Nat. Mus. With list of subsequent taxonomic innovations. Eric Lundberg, An Ashton, Maryland.

**STAMPS, J. A. 1977.** Social behavior and spacing patterns in lizards. *Biology of the Reptilia* 7:265-334.

- STAMPS, J. 1983.** Sexual selection, sexual dimorphism, and territoriality. Lizard ecology. Studies of a model organism. Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts. Pp. 169-204.
- STEBBINS, R. C., J. M. LOWENSTEIN Y N. W. COHEN. 1967.** A field study of the lava lizard (*Tropidurus albemarlensis*) in the Galápagos islands. Ecology 48:839-851.
- TELFORD, S. R. 1970.** Seasonal fluctuations in liver and fat body weights of Japanese lacertid *Takydromus tachydromoides Schlegel*. Copeia 1970:681-688.
- TINKLE, D. W. 1969.** The concept of reproductive effort and its relation to the evolution of life histories of lizards. Am. Nat. 103:501-516.
- TINKLE, D. W., H. M. WILBUR Y S. G. TILLEY. 1970.** Evolutionary strategies in lizard reproduction. Evolution 24:55-74.
- TINKLE, D. W. Y J. W. GIBBONS. 1977.** The distribution and evolution of viviparity in reptiles. Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Michigan 154:1-55
- TRIVERS, R. L. 1972.** Parental investment and sexual selection. In: Campbell B (ed) Sexual selection and the descent of man, 1871-1979. Aldine Publishing Company, Chicago. Pp. 136-179.
- VALDÉZ-GONZÁLEZ, M. A. Y A. RAMÍREZ-BAUTISTA. 2002.** Reproductive characteristics of the spiny lizards, *Sceloporus horridus* and *Sceloporus spinosus* (Squamata: Phrynosomatidae) from México. Journal of Herpetology 36(1): 36-43.
- VITT, L. J., Y J. D. CONGDON. 1978.** Body shape, reproductive effort, and relative clutch mass in lizards: Resolution of a paradox. American Naturalist 112:595-608.
- VITT, L. J. Y W. E. COOPER JR. 1985.** The relationship between reproduction and lipid cycling in the skink *Eumeces laticeps* with comments on the brooding ecology. Herpetologica 41(4):419-432.
- VITT, L. J. Y COOPER W. E. JR. 1985.** The evolution of sexual dimorphism in the skink *Eumeces laticeps*: an example of sexual selection. Canadian Journal of Zoology 63: 995-1002.
- VITT, L. J. Y W. E. COOPER. 1986.** Skink reproduction and sexual dimorphism: *Eumeces fasciatus* in the southeastern United State, with notes on *Eumeces inexpectatus*. Journal of Herpetology 20:65-76.

**VITT, L. 1983.** Reproduction and sexual dimorphism in the tropical Teiid lizard *Cnemidophorus ocellifer*. *Copeia* 1983: 359-366.

**VITT, L. Y P. ZANI. 1997.** Ecology of the nocturnal lizard *Thecadactylus rapicauda* (Sauria: Gekkonidae) in the amazon region. *Herpetologica* 53:2.

**ZAR, J. H. 1984.** Biostatistical analysis. Prentice-Hall, New Jersey. 736 pp.