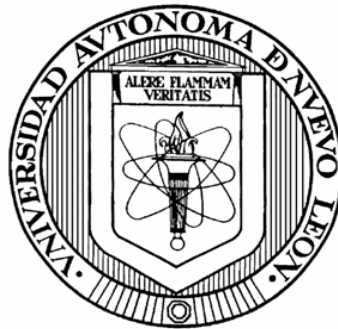


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



ASPECTOS ECOLÓGICOS DE *Gerrhonotus infernalis* (SAURIA: ANGUIDAE)  
EN EL PARQUE ECOLÓGICO CHIPINQUE, SAN PEDRO GARZA GARCÍA,  
NUEVO LEÓN, MÉXICO

Por

M. en C. A. MARGARITA GARCIA BASTIDA

Como requisito parcial para obtener el Grado de  
DOCTOR EN CIENCIAS

Enero, 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



ASPECTOS ECOLÓGICOS DE *Gerrhonotus infernalis* (SAURIA:ANGUIDAE)  
EN EL PARQUE ECOLÓGICO CHIPINQUE, SAN PEDRO GARZA GARCÍA,  
NUEVO LEÓN, MÉXICO

Por:

M. en C. A. Margarita García Bastida

---

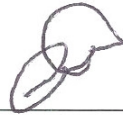
DR. DAVID LAZCANO VILLARREAL  
Director

---

DR. HECTOR GADSDEN ESPARZA  
Director Externo

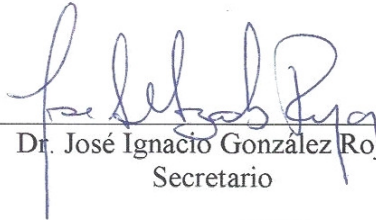
**ASPECTOS ECOLÓGICOS DE *Gerrhonotus infernalis* (SAURIA:ANGUIDAE) EN  
EL PARQUE ECOLÓGICO CHIPINQUE, SAN PEDRO GARZA GARCÍA,  
NUEVO LEÓN, MÉXICO**

**Comité de Tesis**



---

Dr. David Lazcano Villarreal  
Director




---

Dr. José Ignacio González Rojas  
Secretario



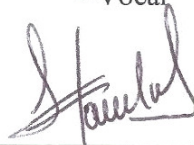
---

Dr. Roberto Mercado Hernández  
Vocal



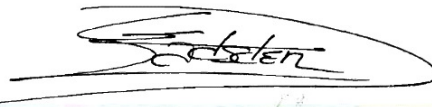
---

Dr. Glafiro J. Alanís Flores  
Vocal



---

Dra. Susana Favela Lara  
Vocal



---

Dr. Héctor Gadsden Esparza  
Director Externo

# DEDICATORIA

*A mi familia*

*A mis maestros*

*A mis amigos*

*A los habitantes del bosque*

## AGRADECIMIENTOS

### **Instituciones:**

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización de esta tesis.

Parque Ecológico Chipinque A. B. P. por permitirme realizar el trabajo de campo en sus instalaciones y por el financiamiento otorgado para la compra del equipo de telemetría.

San Antonio Zoo and Aquarium por el financiamiento otorgado para llevar a cabo este proyecto.

### **Personas:**

Dr. David Lazcano Villarreal por haber aceptado ser director de esta tesis y por sus valiosas aportaciones hechas a la mejora de la misma.

Dr. Héctor Gadsden Esparza por aceptar ser director externo de esta tesis, haber estado al tanto de los avances y ayudar a mejorarla con sus comentarios, sugerencias y observaciones.

Comité de tesis: Dr. José Ignacio González Rojas, Dr. Roberto Mercado Hernández, Dr. Glafiro José Alanís Flores y Dra. Susana Favela Lara por haber revisado esta tesis y por contribuir al mejoramiento de la misma con sus comentarios, sugerencias y observaciones.

Comité tutorial: Dra. María Elena García Ramírez, Dr. Jesús Ángel de León González y Dr. Humberto Quiroz Martínez, por haber revisado cada semestre los avances de esta tesis y por contribuir al mejoramiento de la misma con sus comentarios, sugerencias y observaciones.

Comité doctoral: Dr. Glafiro José Alanís Flores, Dr. José María Torres Ayala, Dr. Armando Jesús Contreras Balderas y Dr. Gabino Adrián Rodríguez Almaráz por su participación como comité doctoral, por sus comentarios, correcciones y observaciones que mejoraron el escrito.

Dr. Lance McBrayer por su colaboración y ayuda en la elaboración del artículo científico, por esclarecer tan amablemente todas mis dudas y por compartir su conocimiento y experiencia conmigo.

I would like to extend my sincere appreciation to Dr. Lance McBrayer for his suggestions and very helpful collaboration on the manuscript writing.

M. en C. Carlos Alberto Madrid Sotelo por sus comentarios, sugerencias y observaciones en la elaboración del artículo científico.

Dr. Gamaliel Castañeda Gaytán que amablemente me proporciono las bases teóricas y las herramientas para el análisis de ámbito hogareño, por aportarme comentarios y sugerencias para la mejora de este escrito.

Dr. Roberto Mercado Hernández por su valiosa ayuda en los análisis estadísticos.

Lic. Lillian Belle Willcockson, por su apoyo durante mi estancia en el Parque Ecológico Chipinque.

Dr. Eduardo Alanís Rodríguez, Biól. Perla Cecilia García Galindo, M. en C. Eric Meléndez y M. en C. Pamela Canizales que durante su desempeño en el Departamento de Investigación y Manejo de Recursos Naturales del Parque Ecológico Chipinque me apoyaron y orientaron para la realización del trabajo de campo y por su amistad.

Biól. Javier Galicia Castillo y el Ing. Eduardo Liceaga Martínez del Departamento de Investigación y Manejo de Recursos Naturales del Parque Ecológico Chipinque por su apoyo y orientación durante mi estancia en el Parque y por su amistad.

Departamento de Educación Ambiental del Parque Ecológico Chipinque: Biol. Dulce Tovar, Biól. Yolanda Espinoza, Biól. Alicia Vázquez, Biól Emanuel Alonso, por su apoyo y amistad durante mi estancia en el Parque.

T. U. M. Rosalba D. Macias, por su apoyo, amistad, por darme muchos ánimos y haber hecho agradable mi estancia en Chipinque.

Gracias a todo el personal del Parque Ecológico Chipinque por los días que con sus saludos, pláticas y sonrisas alentaban mi trabajo de campo, y por las incontables caminatas que realizamos desde las partes más bajas hasta las cumbres de Chipinque.

Biól. Ramiro D. Jacobo Galván por su ayuda, apoyo y conocimiento compartido conmigo durante mi estancia en el Laboratorio de Herpetología (UANL).

Biól. Pamela González del Pliego por su apoyo durante el trabajo de campo y por su amistad.

Laboratorio de Herpetología (UANL): Dr. Jorge A. Contreras, Biól. Salvador Narváez, Biól. Jerónimo Chávez, excelentes compañeros durante mi estancia en el laboratorio.

Familia Lazcano Villarreal por su apoyo, confianza, amistad y ayuda durante mi estancia en el Posgrado.

A Citlali Chacón, Diana Flores y Claudia Mendoza por su amistad.

Agradecimientos especiales a mi familia que siempre me ha apoyado para cumplir este logro, que es un logro de todos.

A todos aquellos que por alguna razón he omitido.

## TABLA DE CONTENIDO

Sección	Página
AGRADECIMIENTOS .....	IV
TABLA DE CONTENIDO .....	1
LISTA DE TABLAS .....	3
LISTA DE FIGURAS .....	4
RESUMEN .....	5
ABSTRACT .....	7
1. INTRODUCCIÓN .....	9
2. JUSTIFICACIÓN .....	13
3. HIPÓTESIS .....	14
4. OBJETIVOS .....	15
4.1. Objetivo general .....	15
4.2. Objetivos particulares .....	15
5. ANTECEDENTES .....	16
5.1. Aspectos ecológicos .....	16
5.2. Familia Anguidae .....	18
5.2.1. <i>Gerrhonotus infernalis</i> .....	19
5.3. Dimorfismo sexual .....	21
5.4. Ámbito hogareño .....	23
5.5. Telemetría .....	25
6. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	27
7. MÉTODOS .....	30
7.1. Patrón de actividad y variables ambientales .....	30
7.1.1. Trabajo de campo .....	30
7.1.2. Análisis estadístico .....	31
7.2. Reproducción de <i>Gerrhonotus infernalis</i> .....	31
7.2.1. Trabajo de campo .....	31
7.2.2. Trabajo de laboratorio .....	32
7.2.3. Análisis estadístico .....	33
7.3. Dimorfismo sexual en <i>Gerrhonotus infernalis</i> .....	33

7.3.1.	Trabajo de campo .....	33
7.3.2.	Trabajo de laboratorio .....	34
7.3.3.	Análisis estadístico .....	35
7.4.	Ámbito hogareño y densidad .....	36
7.4.1.	Trabajo de campo .....	36
7.4.2.	Análisis estadístico .....	39
8.	RESULTADOS .....	40
8.1.	Patrón de actividad y variables ambientales .....	40
8.1.1.	Patrón de actividad diaria y estacional .....	40
8.1.2.	Características ambientales.....	41
8.1.3.	Preferencia de hábitat y microhábitat .....	44
8.2.	Reproducción.....	45
8.2.1.	Ciclo reproductor.....	45
8.2.2.	Características de la puesta de <i>Gerrhonotus infernalis</i> .....	47
8.3.	Dimorfismo sexual .....	48
8.4.	Ámbito hogareño .....	53
8.4.1.	Época reproductora .....	53
8.4.2.	Época no reproductora .....	54
8.4.3.	Comparación entre épocas .....	55
8.4.4.	Relación longitud hocico-cloaca y tamaño del ámbito hogareño .....	55
8.4.5.	Densidad.....	56
9.	DISCUSIÓN .....	57
9.1.	Patrón de actividad, características ambientales y reproducción .....	57
9.2.	Dimorfismo sexual .....	60
9.3.	Ámbito hogareño .....	64
10.	CONCLUSIONES .....	68
11.	RECOMENDACIONES .....	70
12.	LITERATURA CITADA .....	71
13.	APÉNDICE.....	82
14.	RESUMEN BIOGRÁFICO .....	83



## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.** Variables ambientales registradas durante la actividad de *Gerrhonotus infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque. Variable,  $\bar{X}$  = media,  $\pm 1$  d.e. = desviación estándar, rango y n = número de observaciones..... 42
- Tabla 2.**  $\bar{x} \pm$  error estándar, rango y número de los gónadas reproductoras de hembras y machos de *Gerrhonotus infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque. 46
- Tabla 3.** Características de la puesta de *Gerrhonotus infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque..... 47
- Tabla 4.**  $\bar{x}$  = media,  $\pm 1$  e.e = error estándar, rango, y tamaño de muestra de las variables (morfológicas en milímetros y peso en gramos) evaluadas en *Gerrhonotus infernalis*. ♂ = machos, ♀ = hembras (campo y laboratorio). LHC: longitud hocico-cloaca; LC longitud de la cabeza; AC: ancho de la cabeza; AIC: alto de la cabeza; LEDA: longitud de la extremidad derecha anterior; LEDP: longitud de la extremidad derecha posterior; LCFDA: longitud de la cuarta falange derecha anterior; LCFDP: longitud de la cuarta falange derecha posterior; LT: longitud del tronco; LCo: longitud de la cola; ACo: ancho máximo de la cola; peso; LDT: líneas dorsales transversales..... 48
- Tabla 5.** Autovalores del Análisis de Componentes Principales (PCA) de nueve variables morfológicas evaluadas en machos y hembras de *Gerrhonotus infernalis*..... 49
- Tabla 6.** Análisis de regresión lineal (Reduced Major Analysis, RMA) de los patrones de crecimiento (mm) de la longitud (LC), ancho (AC) y alto de la cabeza (AIC) en machos y hembras.  $\bar{X}$  = media,  $\pm 1$  d.e. = desviación estándar, I.C. = intervalo de confianza,  $r^2$  = coeficiente de correlación y alometría..... 51
- Tabla 7.** La frecuencia de mordidas, cicatrices y heridas en hembras y machos de *Gerrhonotus infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque..... 52

## LISTA DE FIGURAS

<b>Fig. 1.</b> Macho y hembra de <i>Gerrhonotus infernalis</i> , Parque Ecológico Chipinque.....	20
<b>Fig. 2.</b> Ubicación del Parque Ecológico Chipinque, San Pedro Garza, García, Nuevo León, México.....	27
<b>Fig. 3.</b> Datos de temperatura y precipitación de la Estación Climática Monterrey, Nuevo León, de 1981 a 2010.....	28
<b>Fig. 4.</b> Patrón de actividad estacional de <i>Gerrhonotus infernalis</i> en el Parque Ecológico Chipinque.....	40
<b>Fig. 5.</b> Patrón de actividad diaria de <i>Gerrhonotus infernalis</i> en primavera, verano, otoño e invierno en el Parque Ecológico Chipinque.....	41
<b>Fig. 6.</b> Preferencia de hábitat de <i>Gerrhonotus infernalis</i> en primavera, verano, otoño e invierno en el Parque Ecológico Chipinque.....	44
<b>Fig. 7.</b> Preferencia de microhábitat de <i>Gerrhonotus infernalis</i> en primavera, verano, otoño e invierno en el Parque Ecológico Chipinque.....	45
<b>Fig. 8.</b> Esquema del ciclo reproductor de <i>Gerrhonotus infernalis</i> en el Parque Ecológico Chipinque.....	47
<b>Fig. 9.</b> Relación entre la longitud de la cabeza y la longitud hocico-cloaca.....	50
<b>Fig. 10.</b> Relación entre el ancho de la cabeza y la longitud hocico-cloaca.....	51
<b>Fig. 11.</b> Relación entre la altura de la cabeza y la longitud hocico-cloaca. ....	51
<b>Fig. 12.</b> Ámbito hogareño de <i>Gerrhonotus infernalis</i> en la época de reproducción en el Parque Ecológico Chipinque. ■ -- Macho, ● - -Hembra .....	53
<b>Fig. 13.</b> Ámbito hogareño de <i>Gerrhonotus infernalis</i> en la época no reproductora el Parque Ecológico Chipinque. ■ -- Macho, ● - -Hembra.....	54
<b>Fig. 14.</b> Relación de la longitud hocico-cloaca y el ámbito hogareño .....	55
<b>Fig. 15.</b> Relación del número de traslapes macho-hembra y el tamaño del ámbito hogareño .....	56

## RESUMEN

El falso escorpión o Texas alligator lizard (*Gerrhonotus infernalis*) es una lagartija de la familia Anguidae que se distribuye desde Texas, en el sureste de Estados Unidos de América, a través del Coahuila, Nuevo León y hasta el estado de San Luis Potosí, en México. Existe poca información sobre la ecología de esta especie, particularmente en México. En este estudio se reportan datos, de julio de 2008 a noviembre de 2011, sobre la actividad, el dimorfismo sexual y el tamaño de ámbito hogareño de una población de *Gerrhonotus infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque, Nuevo León, México. Las observaciones sobre la actividad de las lagartijas y el dimorfismo sexual se realizaron en bosque de encino, encino-pino y pino-encino, mientras que el ámbito hogareño se estimó únicamente en un área en bosque de encino-pino. La principal actividad de esta población se registró durante el otoño y el patrón de actividad diaria varió a través de las diferentes estaciones. La temperatura ambiental registrada durante la actividad de las lagartijas fue: primavera:  $24.9 \pm 0.9^\circ \text{C}$ , verano:  $24.0 \pm 0.71^\circ \text{C}$ , otoño:  $18.6 \pm 0.68^\circ \text{C}$ , invierno:  $21.4 \pm 1.63^\circ \text{C}$ . Se registró una variación estacional en la temperatura ambiental, del substrato, del microhábitat y la corporal durante la actividad de *G. infernalis*. La temperatura corporal estuvo más asociada a la temperatura del sustrato en el cual se capturaron las lagartijas (temperatura media corporal  $^\circ\text{C}$ ): primavera:  $22.8 \pm 1.4$ ; verano:  $23.0 \pm 0.5$ ; otoño:  $16.4 \pm 0.7$ ; invierno:  $18.3 \pm 2.5$ ). Se encontraron diferencias significativas entre la temperatura ambiental y la corporal cuando se incluyó el efecto de la estación ( $F_{3,72} = 12.6$ ;  $p < 0.001$  y  $F_{3,64} = 12.4$ ;  $p < 0.001$  respectivamente). La humedad ambiental registrada durante la actividad de las lagartijas fue: primavera:  $55.3 \pm 3.6\%$ , verano:  $72.4 \pm 2.3\%$ , otoño:  $54.8 \pm 2.0\%$ , invierno:  $58.8 \pm 4.6\%$ . Se encontraron diferencias significativas en la humedad relativa registrada entre las diferentes estaciones. El hábitat preferido por las lagartijas fue el bosque de encino y el microhábitat preferido fue la hojarasca. El periodo de reproducción se determinó con base en la observación del estado reproductor de especímenes de la colección y algunos ejemplares colectados vivos.

La época de apareamiento de la población estudiada es durante el otoño (octubre-noviembre); el desarrollo de los huevos se da durante los meses de invierno e inicios de la primavera, la puesta se efectúa en la primavera (mayo) y la eclosión es en verano (junio y julio). Para evaluar el dimorfismo sexual se analizaron 12 caracteres morfológicos y uno merístico en 102 individuos de hembras y machos. Se encontraron diferencias significativas en las dimensiones de la cabeza y del cuerpo, evidenciando que existe dimorfismo sexual en *G. infernalis* en la población presente en el Parque Ecológico Chipinque. El patrón de crecimiento fue alométrico positivo en los machos e isométrico en las hembras. Se registró el número de marcas de mordidas presentes en todo el cuerpo de los individuos, encontrando el mayor número en los machos, lo cual sugiere que existe conducta agonista en esta población. Probablemente el dimorfismo sexual registrado en el tamaño del cuerpo y las dimensiones de la cabeza de *G. infernalis* es consecuencia de la selección intrasexual e intersexual. En cuanto a la estimación del tamaño de ámbito hogareño, no hubo diferencias significativas entre machos y hembras en el periodo reproductor (machos  $1848.67 \pm 518.83 \text{ m}^2$ ,  $n = 6$ ; hembras  $967.83 \pm 103.82 \text{ m}^2$ ,  $n = 6$  U-Mann Whitney = 8.0;  $p = 0.109$ ) ni en el periodo no reproductor (machos  $1600.89 \pm 840.92 \text{ m}^2$ ,  $n = 3$ ; hembras  $938.50 \pm 429.52 \text{ m}^2$ ,  $n = 3$  U-Mann Whitney = 3.0,  $p = 0.513$ ). Se estimó el área de traslape del ámbito hogareño hembra-hembra ( $219.61 \pm 42.78 \text{ m}^2$ ;  $n = 12$ ); macho-macho ( $537.85 \pm 96.82 \text{ m}^2$ ;  $n = 9$ ) y hembra-macho ( $389.10 \pm 51.68 \text{ m}^2$ ;  $n = 26$ ) encontrando diferencias estadísticamente significativas en el periodo reproductor ( $H = 7.17$ ; g. l. = 2, 45,  $p = 0.028$ ).

## ABSTRACT

Falso escorpión or Texas alligator lizard (*Gerrhonotus infernalis*) is an Anguillidae lizard, distributed from Texas in the southern United States of America throughout Coahuila, Nuevo León and San Luis Potosí states in Mexico. Very little data exists on the ecology of this species, particularly in México. Herein it is reported data from July 2008 to November 2011 on the activity, sexual size dimorphism, reproductive period and home range size of *G. infernalis* in Parque Ecológico Chipinque, Nuevo León, México. Lizard activity and sexual size dimorphism were evaluated in oak, oak-pine and pine-oak forest and home range was estimated in oak-pine forest. The main lizard activity was during the fall and daily activity pattern varied seasonally. Mean ambient temperature of activity was: spring  $24.9 \pm 0.93^\circ \text{C}$ , summer  $24.0 \pm 0.71^\circ \text{C}$ , fall  $18.6 \pm 0.68^\circ \text{C}$  and winter  $21.4 \pm 1.63^\circ \text{C}$ . There was statistical difference in ambient, substrate, microhabitat and body lizard temperature among seasons. Body lizard temperature was more related to substrate temperature in which individuals were captured (mean body temperature): spring:  $22.8 \pm 1.42^\circ \text{C}$ ; summer:  $23.0 \pm 0.52^\circ \text{C}$ ; fall:  $16.4 \pm 0.71^\circ \text{C}$ ; winter:  $18.3 \pm 2.5^\circ \text{C}$ ). There was significant difference among ambient temperature and body temperature when the effect of season was included ( $F_{3,72} = 12.6$ ;  $p < 0.001$  and  $F_{3,64} = 12.4$ ;  $p < 0.001$  respectively). Mean relative humidity was: spring  $55.3 \pm 3.6\%$ , summer  $72.4 \pm 2.32\%$ , autumn  $54.8 \pm 2.0\%$ , and winter  $58.8 \pm 4.6\%$ . There was statistical difference in relative humidity among seasons. Lizard habitat preference was oak forest, frequently founded in leaf litter microhabitat. Reproductive period was determined considering preserved specimens from laboratory and some live collected specimens. *Gerrhonotus infernalis* mating from Parque Ecológico Chipinque is during the fall (October-November), eggs development is throughout winter and early spring, clutches are laid during spring (may) and hatchling is during the summer (later June and early July). In order to analyze sexual dimorphism, twelve morphological and one meristic character on 102 lizards were evaluated on 102 males and females. There was significant difference in the dimensions of the head and body, showing

that there is sexual dimorphism in *G. infernalis*. Males showed positive allometric growth whereas females exhibited isometric growth. Number of bite marks observed on body's lizards was registered, males registered more bite marks, suggesting agonistic behavior in this population. This sexual dimorphism is likely a consequence of intra- and inter- sexual selection. Home range size was estimated and no significant difference was found neither between reproductive season by sex (male  $1848.67 \pm 518.83 \text{ m}^2$ ,  $n = 6$  and female  $967.83 \pm 103.82 \text{ m}^2$ ,  $n = 6$ , U-Mann Whitney = 8.0;  $p = 0.109$ ), nor between sex by reproductive period (male  $1600.89 \pm 840.92 \text{ m}^2$ ,  $n = 3$  and female  $938.50 \pm 429.52 \text{ m}^2$ ,  $n = 3$ ; U-Mann Whitney = 3.0,  $p = 0.513$ ). Estimated reproductive overlap area was: female-female ( $219.61 \pm 42.78 \text{ m}^2$ ;  $n = 12$ ), male-male ( $537.85 \pm 96.82 \text{ m}^2$ ;  $n = 9$ ), and female-male ( $389.10 \pm 51.68 \text{ m}^2$ ;  $n = 26$ ), There was significant difference ( $H = 7.17$ ; g. l. = 2, 45,  $p = 0.028$ ) in the reproductive overlap area.

## 1. INTRODUCCIÓN

El patrón de actividad diaria de los individuos de una población es determinado por factores ambientales como: temperatura y humedad ambiental (Pianka, 1993; Winne y Keck, 2004; García de la Peña et al., 2007); características intrínsecas de los organismos, por ejemplo: edad, tamaño corporal y ritmo circadiano (Perry y Garland, 2002; Haenel et al., 2003; Winne and Keck, 2004); por la presencia de otros individuos como hembras o machos, competidores o depredadores (Ruby, 1978; Haenel et al., 2003); o por los recursos disponibles en el ambiente, como alimento y sitios para termoregular (Baharav, 1975; Rose, 1981). Estos factores influyen y/o determinan la actividad de las lagartijas durante el día y también a través del año.

Para realizar sus actividades las lagartijas seleccionan hábitats y dentro de estos utilizan sitios específicos denominados microhábitats, los cuales poseen determinadas características de temperatura, humedad y estructura de la vegetación. En estos microhábitats las lagartijas pueden ocultarse y escapar de los depredadores, al mismo tiempo que atrapar presas y encontrar pareja.

El ciclo reproductor de una especie es importante ya que muestra características de la historia de vida de los individuos, a su vez estas características se relacionan con factores ambientales, principalmente temperatura y humedad (Guillette y Casas-Andreu, 1987; Gadsden y Estrada-Rodríguez, 2007). La estrategia reproductora varía entre

especies, incluso entre las pertenecientes a un mismo género y es aquí donde intervienen los factores ambientales (Guillette y Casas-Andreu, 1987; Zug, 2001).

El dimorfismo sexual es común en especies de lagartijas y se expresa sobre todo en características morfológicas, siendo las más comunes longitud hocico-cloaca y dimensiones de la cabeza (McBrayer y Anderson, 2007; Johnston y Bouskila, 2007). Se ha propuesto que el dimorfismo sexual surge: a) como resultado de la competencia intra- e intersexual (combates macho-macho, apareamiento e incremento en el tamaño de puesta; Baird et al., 2003; McBrayer y Anderson, 2007; Ljubisavljevic et al., 2008); b) por selección natural mediante la competencia por los recursos (como alimento y microhábitat; Herrel et al., 1996; Cooper, 2000; Butler et al., 2007); y c) por procesos no-adaptativos originados por diferencias conductuales, fisiológicas o ecológicas entre sexos de una misma especie (como el crecimiento diferencial; Cox et al., 2003; Johnson et al., 2005; Ljubisavljevic et al., 2008).

Las lagartijas ocupan un área en la que llevan a cabo sus actividades diarias de socialización, alimentación, reproducción y descanso, esta área se denomina ámbito hogareño (Burt, 1943). El ámbito hogareño puede variar en tamaño y forma a través del tiempo y tener límites definidos, esto como consecuencia de los cambios en la población o en el ambiente. Los métodos para obtener información sobre características del ámbito hogareño son variados y dependen del investigador y de la especie en estudio (Aguirre et al., 1984; Gutiérrez y Ortega, 1985).

En poblaciones de lacertilios se han utilizado diferentes técnicas para determinar las características del ámbito hogareño (Rose, 1982; Germano, 2007). En recientes investigaciones sobre el tamaño del ámbito hogareño de diversas especies se ha aplicado el uso de los radiotransmisores (Wone y Beauchamp, 2003; Richardson et al., 2006;



Germano, 2007), lo cual ha sido de gran relevancia debido a que no es necesario observar a los individuos para localizarlos (Cooke et al., 2004).

*Gerrhonotus infernalis* (Falso Escorpión) pertenece a la familia Anguidae; familia que se caracteriza por poseer pliegues abdominales laterales. En general, los individuos de esta especie poseen cuerpo alargado con escamas lisas y extremidades anteriores y posteriores delgadas y se alimentan de artrópodos. *Gerrhonotus infernalis* se distribuye desde el sur de Texas hasta el centro de México, puede encontrarse en sitios rocosos de bosques y matorrales. Debido a que es una especie de hábitos crípticos, no se pueden observar fácilmente, excepto en la época de otoño, de acuerdo a lo observado en este estudio.

Algunos estudios publicados sobre *G. infernalis* en México se enfocan en la clasificación de la especie (Good, 1994), la reproducción y el cuidado parental (Green, 2006) pero no hay reportes sobre su ecología y se carece de información sobre el área necesaria para que los individuos de esta especie desarrollen sus actividades. Es escasa la información que se ha publicado sobre esta especie, especialmente en México, a pesar de estar enlistada en la NOM-059-ECOL-2010 (Semarnat, 2010) como especie protegida y de ser considerada por la IUCN como especie de menor preocupación (Hammerson et al., 2011).

En los últimos años se ha observado que las poblaciones de algunas especies de saurios están disminuyendo debido a factores como destrucción, fragmentación del hábitat y cambio climático (Ballesteros-Barrera, 2007; Bickford et al., 2010; Sinervo et al., 2010; Gadsden et al, 2012). Las características estructurales del hábitat y los factores ambientales del sitio donde habitan las especies son importantes objetos de estudio ya que reflejan aspectos de la ecología y conducta de estas. Es necesario conocer la

biología de *G. infernalis*, pues debido a sus hábitos secretivos existe poca información acerca de los requerimientos ecológicos básicos, el dimorfismo sexual y el ámbito hogareño, especialmente en México. Aquí se reportan datos sobre las características de la actividad, reproducción, dimorfismo sexual y ámbito hogareño en una población de *G. infernalis* en el bosque de encino, encino-pino y pino-encino en el Parque Ecológico Chipinque, Nuevo León, México. Se utilizó la técnica de telemetría para evaluar el ámbito hogareño de *Gerrhonotus infernalis*.

Este estudio es una importante contribución sobre la ecología de *G. infernalis* ya que se aborda el conocimiento básico sobre esta especie, lo cual nos permitirá planear posteriormente programas enfocados a su conservación cuando estos sean necesarios.

El objetivo de este estudio fue describir los aspectos ecológicos de *G. infernalis*, por lo que aquí se reportan datos sobre las características del hábitat, la reproducción, el dimorfismo sexual y el ámbito hogareño de la especie en el bosque de encino, encino-pino y pino-encino en el Parque Ecológico Chipinque.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las lagartijas son un componente esencial de los ecosistemas ya que tienen una función ecológica importante como depredadores de insectos. Por su posición geográfica y las diferentes condiciones climáticas presentes en México, este es uno de los países con mayor diversidad de especies de lagartijas en el mundo, por lo cual es necesario investigar sobre este grupo de vertebrados para poderlos conservar. Aunque en México *G. infernalis* es una especie de lagartija que tiene una amplia distribución es escasa la información que hay publicada sobre ella. Con este estudio se aportarán datos sobre los aspectos de la biología y la ecología de la especie en su hábitat natural. Con la información generada se tendrán más fundamentos para establecer programas de conservación coherentes para evitar que sus poblaciones sean afectadas por eventos naturales o de origen humano.

### 3. HIPÓTESIS

El patrón de actividad de *Gerrhonotus infernalis* varía significativamente a través de primavera, verano, otoño e invierno.

Existe dimorfismo sexual potencial en *Gerrhonotus infernalis*.

Existen diferencias significativas en el ámbito hogareño de *Gerrhonotus infernalis* entre hembras y machos y también entre la época reproductora y no reproductora en un área establecida de 1ha.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo general

- Describir los aspectos ecológicos de *Gerrhonotus infernalis* en el bosque de encino, encino-pino y pino-encino en el Parque Ecológico Chipinque.

### 4.2. Objetivos particulares

- Evaluar la temperatura y humedad ambiental durante la actividad de *Gerrhonotus infernalis*.
- Describir el dimorfismo sexual potencial de *Gerrhonotus infernalis* y establecer sus posibles causas.
- Estimar el ámbito hogareño de *Gerrhonotus infernalis* en una hectárea de bosque de encino-pino, su variación entre hembras y machos y entre época reproductora y no reproductora.

## **5. ANTECEDENTES**

### **5.1. Aspectos ecológicos**

Los estudios ecológicos en poblaciones de lagartijas son importantes para planear estrategias de conservación de las especies. Entre los temas más estudiados encontramos los patrones de actividad, las condiciones físicas y estructurales del hábitat y la reproducción (Huang, 2006; Bujes y Verrastro, 2008). En diversos estudios se ha referido que la actividad de las lagartijas varía diaria y estacionalmente, concluyendo que esta variación es consecuencia de la variación en las condiciones ambientales.

Durante primavera y verano la actividad de las lagartijas disminuye en las horas de mayor temperatura para evitar el sobrecalentamiento, mientras que en otoño la actividad es más constante a lo largo del día, pero el tiempo de actividad disminuye; por lo anterior la actividad de las lagartijas se ha relacionado con la termorregulación (Vitt et al., 1993; García-de la Peña et al., 2007; Bujes y Verrastro, 2008). Para mantener la temperatura corporal dentro de los límites tolerables y poder realizar sus actividades físicas y funciones metabólicas, las lagartijas se mueven de microhábitats soleados a sombreados, aumentan, disminuyen o detienen su periodo de actividad dependiendo de las condiciones del clima y adoptan conductas para perder o ganar calor (García- de la Peña et al., 2007; Burjes y Verrastro, 2008). De este modo la actividad de las lagartijas ha sido relacionada directamente con los cambios térmicos en el ambiente y se ha

sugerido que estas usan los diferentes microhábitats como un medio para termorregular (Bujes y Verrastro, 2008).

Una de las estrategias más comunes que las lagartijas usan para evitar el sobrecalentamiento es realizar la actividad debajo de la vegetación o el sustrato (Bujes y Verrastro, 2008; Rocha 1999). Durante las horas de mayor temperatura, las elevadas temperaturas de los microambientes limitan la actividad de las lagartijas, por lo que estas se ven obligadas a resguardarse debajo de la vegetación o entre las rocas (Bujes y Verrastro, 2008). Para reducir la exposición a los sustratos que registran elevada temperatura por estar expuestos al sol directo, *Cnemidophorus deppii* pasa tiempo considerable en sitios con sombra o donde se filtra la luz del sol (Vitt et al., 1993).

De este modo, las lagartijas usan una variedad de microhábitats para termorregular y la diferencia interespecífica o intraespecífica en la preferencia de hábitat también puede estar influenciada por diferencias en morfología, dieta y hábitos de los individuos (Parker y Pianka, 1973; Huang, 2006). Las preferencias de hábitat pueden promover la plasticidad evolutiva en diversos aspectos, como el de poseer un ámbito hogareño pequeño, tener hábitos arbóreos y una dieta sobre insectos activos y de este modo facilitar la evolución (Ord et al., 2002).

El ciclo reproductor de una especie es importante ya que muestra características de la historia de vida de los individuos, a su vez estas características se relacionan con factores ambientales (Guillette y Casas-Andreu, 1987; Gadsden y Estrada-Rodríguez, 2007). El tamaño de los folículos vitelogénicos y el tamaño testicular son dos características importantes para considerar si un individuo es reproductivamente activo; y mediante esta característica se ha descrito el ciclo reproductor de algunas especies (Huang, 2006; Ramírez-Bautista y Pavón, 2009), sobre todo en especies de zonas

templadas (Gadsden et al., 2005; Huang, 2006; Ramírez-Bautista y Pavón, 2009). En reptiles, el ciclo espermatogénico generalmente coincide con el ciclo ovárico (Zug, 2001), aunque no en todas las especies no se da esta sincronía (Bustos-Zagal et al., 2011). Las estrategias reproductivas varían entre especies, incluso entre las especies pertenecientes a un mismo género y es aquí donde intervienen los factores ambientales (Guillette y Casas-Andreu, 1987; Zug, 2001).

El crecimiento también es un parámetro importante en la historia de vida de los organismos y esta influido por distintos factores como la energía gastada, la reproducción, disponibilidad de alimento y los factores ambientales (Lemus y Ballinger, 1995), llegando a haber diferencias en el tipo de crecimiento entre machos y hembras (McBrayer y Anderson, 2007; Ljubisabljevic et al., 2008).

## **5.2. Familia Anguidae**

La familia Anguidae posee 13 géneros y casi 110 especies que se distribuyen en América, Europa y Asia; incluye especies arbóreas (i.e. *Abronia*), hasta fosoriales (i. e. *Anniella*). Los individuos de esta familia se pueden encontrar en lugares húmedos y frescos en una amplia variedad de hábitats como pastizales abiertos, dunas de arena, bosques de pino-encino, bosques de niebla, bosques lluviosos y chaparrales (Pough et al., 2004). En la Familia Anguidae se presentan lagartijas de morfología variable que miden de 55-70 mm (*Elgaria parva*) a más de 1.3 m (*Ophisaurus apodus*), todos los individuos presentan escamas lisas y grandes no superpuestas, con osteodermos debajo de ellas; los anguidos se caracterizan por poseer un pliegue longitudinal ventrolateral en el tronco (Zug et al., 2001).



Algunas especies presentan miembros reducidos (i. e. *Ophiodes* sin miembros anteriores y con miembros posteriores reducidos; *Diploglossus* presenta miembros anteriores y posteriores relativamente cortos) o los han perdido completamente (i. e. *Anniella* y *Ophisaurus*) (Pough et al., 2004). En esta familia de lagartijas hay géneros que son vivíparos (e. g. *Barisia*, *Abronia*, *Mesaspis*, *Anniella*, *Celestes*, *Anguis*, *Ophiodes*), ovíparos (e. g. *Ophisaurus* y *Gerrhonotus*) o de ambos tipos (e. g. *Diploglossus* y *Elgaria*) (Zug et al., 2001).

### 5.2.1. *Gerrhonotus infernalis*

Hasta 1993 el género *Gerrhonotus* en México incluía sólo dos especies, *G. lugoi*, restringido a la región de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México y *G. liocephalus* con una distribución más amplia del noreste al centro de México y la cual se reportaba como especie politípica (incluía siete subespecies): *aguayoi*, *austrinus*, *infernalis*, *liocephalus*, *loweryi*, *ophiurus* y *taylori*. Basándose en el análisis de patrones de escamas de las especies mencionadas, Good (1994) llegó a la conclusión de que algunas eran sinónimas y que otras deberían elevarse a nivel de especie, proponiendo así la siguiente clasificación: *G. l. aguayoi*, *G. l. infernalis* y *G. l. taylori* pasaron a ser *G. infernalis*; *G. l. loweryi* y *G. l. ophiurus* paso a ser *G. ophiurus*; *G. l. austrinos* paso a ser *G. austrinos* y *G. l. liocephalus* paso a ser *G. liocephalus*.

*Gerrhonotus infernalis* (Fig. 1) es comúnmente llamado falso escorpión o Texas alligator lizard. En Estados Unidos de América se distribuye en el centro y oeste de Texas y en México se distribuye en los estados de Durango, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí (Good, 1994; Gadsden et al, 2006).



**Fig. 1.** Macho y hembra de *Gerrhonotus infernalis*, Parque Ecológico Chipinque

El falso escorpión es una lagartija relativamente grande que mide 180-200 mm de longitud hocico-cloaca (LHC), la cola llega a medir hasta dos veces la longitud del cuerpo, los miembros son delgados y frágiles y los miembros posteriores miden aproximadamente 1/3 de la LHC. Su color generalmente es amarillo paja a marrón arcilla en los lados, siendo más claro en la cabeza; presentando de siete a nueve líneas transversales de forma irregular sobre el dorso, cada línea presenta manchas blancas las

cuales llegan a formar una línea continua sobre la línea oscura (Smith, 1979). Los machos parecen tener cabezas más grandes que las hembras del mismo tamaño (Greene et al., 2009).

Las escamas dorsales se presentan en 16 filas; la fila ocho es quillada, la fila adyacente en cada lado es débilmente quillada mientras que las otras son lisas; son de 46 a 54 escamas dorsales del occipucio a la base de la cola. Generalmente presenta de tres a cuatro escamas entre la nasal y la preocular, una pequeña escama entre la nasal y la rostral y una escama media bordeando la rostral posteriormente y presentan un pliegue lateral profundo con escamas granulares (Smith, 1979). Los individuos de esta especie pueden ser vistos en cualquier época del año en áreas húmedas, sombreadas y rocosas, pero son menos activos en los meses calientes y fríos (verano e invierno) (Greene et al., 2009). En el mes de marzo ya pueden encontrarse hembras gestantes, las cuales ponen los huevos en el mes de mayo; llegan a poner hasta 19 huevos de los cuales existe cuidado parental (Green, 2001).

Como otras especies de anguidos (Smith, 1979) *G. infernalis* es una especie críptica que se mueve lentamente entre la hojarasca o se esconde entre las rocas, debido a estos hábitos existe poca información sobre su ecología e historia natural especialmente en su rango de distribución en México.

### **5.3. Dimorfismo sexual**

El dimorfismo sexual es común en vertebrados y se presenta con frecuencia en las especies de lagartijas (Butler y Losos, 2002; Butler et al., 2007) expresándose en características morfológicas como la LHC (McBrayer y Anderson, 2007; Johnston y Bouskila, 2007), longitud de las extremidades (Baird et al., 2003; Molina-Borja, 2003;

Ljubisavljevic et al., 2008), peso (Molina-Borja, 2003; Johnston y Bouskila, 2007; color (Baird et al., 2003; Liu et al., 2008; Johnston y Bouskila, 2007), y dimensiones de la cabeza (Herrel et al., 1996; Johnson et al., 2005; Husak et al., 2006); o en características ecológicas como alimentación (Parmelee y Guyen, 1995; Cooper, 2003; Herrel et al., 2005), conducta social (Molina Borja, 2002; Baird et al., 2003) y selección del microhábitat (Butler et al., 2007; Williams y McBrayer, 2007).

El dimorfismo sexual se ha asociado a eventos evolutivos para los cuales se han establecido algunas hipótesis: 1) la selección sexual, en la cual el dimorfismo sexual se propone como una consecuencia de la competencia intra- e intersexual, cuyo resultado es una ventaja en el éxito reproductor; en este se incluye la habilidad en los combates entre machos por el acceso a hembras, ventaja en el apareamiento e incremento en el tamaño de puesta de las hembras (Baird et al., 2003; McBrayer y Anderson, 2007; Ljubisavljevic et al., 2008); 2) la selección natural, en la cual el dimorfismo sexual se propone como un mecanismo evolutivo en la competencia intrasexual por obtención de alimento (hipótesis de la dieta divergente) y selección del microhábitat (Herrel et al., 1996; Cooper, 2000; Butler et al., 2007); y 3) procesos no adaptativos, cuya hipótesis sugiere que el dimorfismo sexual es originado por diferencias en la conducta entre sexos y por diferencias fisiológicas, ecológicas y de la edad, como el crecimiento diferencial el cual se presenta cuando la cabeza del individuo no crece en proporción al tamaño total del cuerpo (Cox et al., 2003; Johnson et al., 2005; Ljubisavljevic et al., 2008).

#### **5.4. Ámbito hogareño**

El ámbito hogareño se define como aquella área que es recorrida por un animal durante sus actividades diarias (Burt, 1943); dentro de ésta área el animal tiene seleccionados determinados sitios a los cuales retorna en ocasiones (Barbour et al., 1969; Bull y Freake, 1999). El territorio es la parte protegida del ámbito hogareño, puede ser el ámbito hogareño completo o sólo el sitio de anidamiento y sólo aquellos individuos que protegen alguna parte del ámbito hogareño, de otros de su misma especie, mediante conductas agonísticas se pueden determinar los territorios (Burt, 1943). Dentro del ámbito hogareño los individuos se mueven bajo determinados patrones de movimiento (Barbour et al., 1969; Germano, 2007).

Los factores ambientales (características del hábitat) y los factores bióticos (competencia y depredación) son importantes para que un individuo establezca su ámbito hogareño. Los estudios que se enfocan en los factores ambientales sugieren que el tamaño del ámbito hogareño de los saurios se establece por la disponibilidad de recursos como el alimento (Baharav, 1975; Rose, 1981). El individuo recorrerá un área más grande para encontrar mayor abundancia de alimento o si el alimento se concentra en determinados sitios, el individuo no necesitara moverse tanto (Wone y Beauchamp, 2003; Wen-san, 2006); es decir, la movilidad de los individuos puede estar relacionada con la estabilidad y la dinámica de los recursos (Baharav, 1975).

La variación en los movimientos también puede estar influida por las características del hábitat (Baharav, 1975), de aquí surge la importancia de los microhábitats disponibles como sitios de protección y de termorregulación. Las lagartijas buscan sitios para termorregular y donde protegerse de la luz solar directa, por lo que buscan sitios adecuados y como consecuencia se puede incrementar su área de actividad. La

temperatura corporal de los individuos puede deberse, en parte, al ambiente en el que realizan sus actividades (Pianka, 1971). Respecto a lo anterior, Baharav (1975) observó que *Phrynosoma solare* recorría menores distancias durante el verano, lo cual atribuyó a las altas temperaturas del ambiente. La complejidad del hábitat, en términos de microhábitats disponibles, es importante ya que su disminución puede afectar la presencia de las lagartijas, al aumentar el riesgo de depredación cuando se mueven de un lugar a otro (Germano, 2007).

Los machos de algunas especies establecen el tamaño de su ámbito hogareño en relación con la cantidad de hembras que pueden encontrar, de modo que incrementan su área de actividad para tener un mayor número de hembras para reproducirse (Baharav, 1975; Haenel et al., 2003; Wone y Beauchamp, 2003). Diversos estudios sugieren que los machos inmaduros que no tienen pareja tienen un ámbito hogareño más grande ya que son desplazados por los machos que ya tienen pareja y un área establecida (Germano, 2007); de este modo los machos adultos relegan a los machos inmaduros a recorrer mayores áreas para localizar parejas potenciales (Haenel et al., 2003).

El tamaño del ámbito hogareño también se ha relacionado con las características morfológicas de los individuos (Wen-san, 2006), especialmente el tamaño del cuerpo. Se ha observado que los machos de *Mabuya longicauda* alcanzan una mayor longitud corporal que las hembras y a su vez estos machos tienen un ámbito hogareño más grande (Huang, 2006). El tamaño, forma y ubicación del ámbito hogareño puede cambiar en diferentes periodos de tiempo (Fitch y Shirer, 1971; Wone y Beauchamp, 2003; Germano, 2007).

En *Phrynosoma mcallii* el tamaño del ámbito hogareño cambia estacionalmente, siendo más pequeño en verano para estar en mayor proximidad con las parejas

reproductoras, mientras que en otoño el área es mayor con la finalidad de obtener reservas para la hibernación (Wone y Beauchamp, 2003). En *Oligosoma otagense*, se ha observado que el movimiento se incrementa durante la época de apareamiento y que en la época de reproducción hay diferencias entre la hora del inicio de actividad de hembras y machos (Germano, 2007). Mientras que en *Tiliqua rugosa* se ha observado que el ámbito hogareño de hembras y machos permanece constante en diferentes años (Bull y Freake, 1999). El estudio del tamaño de ámbito hogareño en especies de la familia Anguidae es escaso y sólo se han reportado patrones de movimiento en *Elgaria coerulea* (Rutherford y Gregory, 2003).

### **5.5. Telemetría**

La telemetría es una técnica en la cual se realiza el monitoreo remoto (mediante el uso de receptores y transmisores) de características fisiológicas y conductuales de vertebrados e invertebrados marinos y terrestres (Cooke, et al., 2004). Los métodos de sujeción de transmisores son diversos, dependiendo estos del grupo que se va a estudiar. En lagartijas, debido a la variabilidad en la morfología de las especies, se han propuesto diversos métodos para colocar radio-transmisores. Dichos métodos incluyen la sujeción externa, como la sutura de radios a la piel (Goodman, 2005), radios en backpack con distintos tipos de arnes (Mark y Muth, 1995; Warner et al., 2006), radios amarrados (Knapp y Owens, 2005), radios adheridos a la piel (Flesch et al., 2009) y radios sujetos con cinta (Germano, 2007; Goodman, 2009) y en menor medida se ha empleado la implantación quirúrgica o subdérmica (Goodman et al., 2009).

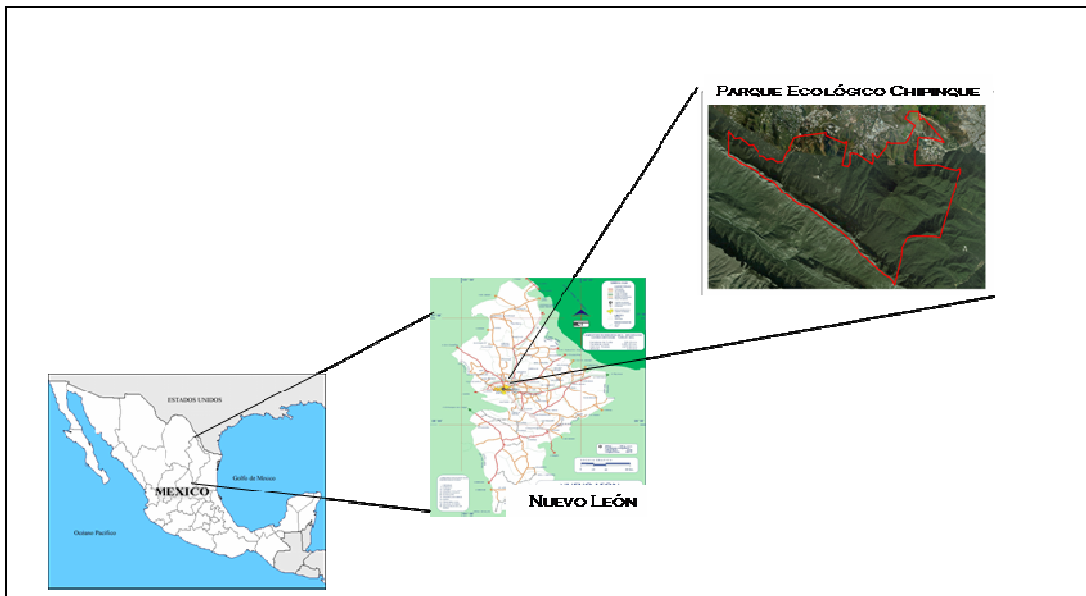
En los últimos años se ha incrementado el uso de la telemetría en el estudio de la ecología de lagartijas. Usando el método de telemetría se incrementa la posibilidad y

número de localizaciones aún si los individuos no están visibles (Germano, 2007). En vertebrados terrestres la telemetría se ha utilizado como herramienta principalmente para estudiar ámbito hogareño, patrones de movimiento, áreas de actividad, uso del hábitat y conducta (Vaughan et al, 2007; Díaz et al., 2006; Dillon y Kelly, 2008), entre otros aspectos. Existen diferentes métodos para estimar el tamaño del ámbito hogareño, entre los cuales podemos mencionar polígono convexo, polígono mínimo, función de radio-recaptura, entre otros (Rose, 1982; Gutierrez y Ortega, 1985). Se sugiere que el método más apropiado de estimación es método del polígono mínimo convexo (Rose, 1982; Gutierrez y Ortega, 1985), el cual presenta la ventaja de que con tres recapturas se puede establecer el polígono que define el área de actividad. Este polígono se obtiene conectando los puntos más extremos de las observaciones registradas y después se calcula el área interior (Rose, 1982; Gutierrez y Ortega, 1985).



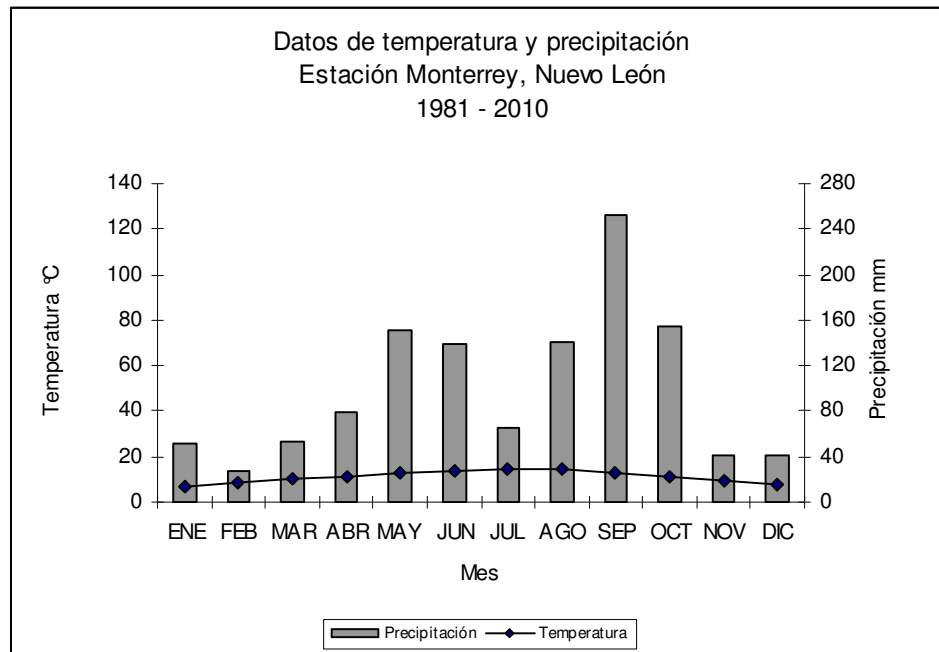
## 6. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio se realizó en el “Parque Ecológico Chipinque”, el cual forma parte de la Sierra Madre Oriental y se localiza en los municipios de Garza García y Monterrey en el estado de Nuevo León, México ( $25^{\circ} 33''$  y  $25^{\circ}35''$  N;  $100^{\circ} 18$  y  $100^{\circ} 24''$  E , Fig. 2). Este parque tiene un área de 1,791 ha y se incluye en el “Parque Nacional Cumbres”. En el parque se encuentran varias brechas y veredas y sólo tiene una carretera pavimentada. Presenta un gradiente altitudinal que va desde los 600 hasta los 1200 m (Parque Ecológico Chipinque, A. B. P., 2011).



**Fig. 2.** Ubicación del Parque Ecológico Chipinque, San Pedro Garza, García, Nuevo León, México.

El clima en el sitio de estudio es BS1 (h)hw(e)w", es un clima semiseco, con lluvias marcadas en verano (García, 1988). La temperatura media anual oscila entre 18 y 22° C y la precipitación media mensual fluctúa entre 300 y 500 mm (Fig. 3).



**Fig. 3.** Datos de temperatura y precipitación de la Estación Climática Monterrey, Nuevo León, de 1981 a 2010.

El Parque Ecológico Chipinque se ubica en la Región Hidrológica BRH24 Bravo - Conchos, dentro de la Cuenca Hidrológica del Río Bravo-San Juan (INEGI, 2010). Los tipos de suelos presentes en el área de estudios son litosoles son regosol calcáricos poco desarrollados, también hay rendzinas de color oscuro, luvisoles crómicos y xerosoles háplicos de color claro. Los suelos más desarrollados son el feozem-calcárico y el vertisol-crómico (INEGI, 2010).

En el sitio de estudio existen cinco tipos de vegetación: matorral submontano, bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque de pino-encino y matorral desértico rosetófilo. En el matorral submontano se encuentran especies como *Helietta parvifolia* (barreta), *Cordia boissieri* (anacahuita), *Phithecellobium pallens* (tenaza) y *Acacia rigidula* (chaparro prieto), *Acacia farnesiana* (huizache) *Caesalpinia mexicana* (hierba del potro) y *Prosopis glandulosa* (mezquite). En el bosque de encino se encuentran especies como: *Quercus rysophylla* (encino de asta), *Q. polymorpha* (encino roble), *Q. laceyi* (encino memelito), *Q. virginiana* var. *fusiformis* (encino molino), *Q. canbyi* (encino duraznillo), *Q. laeta* (encino blanco), *Arbustos xalapensis* (cerezo negro) y *Prunus serotina* (cerezo negro) y *Juglans mollis* (nogal encarcelado) y en el bosque de pino *Pinus teocote* y *P. pseudostrobus* (Rzedowski, 1978).

En lo que a herpetofauna se refiere, en este parque se distribuyen especies de anfibios de las familias Bufonidae, Hylidae y Leptodactylidae; y especies de reptiles de las familias Anguidae, Phrynosomatidae, Scincidae, Teiidae, Xantusidae, Leptotyphlopidae, Colubridae, Elapidae y Viperidae (Banda, 2002).

## **7. MÉTODOS**

### **7.1. Patrón de actividad y variables ambientales**

#### **7.1.1. Trabajo de campo**

De julio de 2008 a junio de 2009, tres días por semana y de de 9:00 a 17:00 h se recorrieron 4 brechas (Del Chile, San Agustín, Las Moras y El Empalme) y 6 veredas (1, 2, 3, Enrique Díaz, Deslavada y Don Toño) que se encuentran distribuidas en bosque de encino, encino-pino y pino-encino en el Parque Ecológico Chipinque A. B. P. (PECh). Cada brecha o vereda se recorrió una vez a la semana, buscando lagartijas 5 m hacia los lados y en diferentes horas del día para obtener variación en la capturas. Las observaciones se registraron mediante búsquedas sistemáticas y encuentros fortuitos. Cuando fue posible, cada individuo observado se capturo mediante la técnica de lazada o con la mano y se marco por ectomización de falanges (Waichman, 1992).

Para cada lagartija capturada se registro y la fecha y hora de captura, para establecer el patrón de actividad diario y estacional. Se registraron además las siguientes variables ambientales: temperatura ambiental, temperatura del microhábitat a nivel del suelo, temperatura superficial del sustrato; humedad relativa ambiental, humedad del microhábitat a nivel del suelo (hidrotermómetro portátil Extech). A cada individuo se le tomo la temperatura corporal (Raytec laser para superficies) y se determino el sexo. Los machos se determinaron mediante la emersión de hemipenes. Se registraron

coordenadas geográficas (GPS Garmin Ltd, Romsey, UK) de captura de cada individuo. Los individuos capturados se consideraron activos si estaban fuera de su refugio.

La clasificación del hábitat se basó en los tipos de vegetación presentes en el PECh; la preferencia de hábitat se clasificó en tres categorías: hojarasca, roca o pared de roca y brecha o vereda. Para evaluar los patrones de actividad de *G. infernalis* se graficaron las observaciones diarias por hora y por estación. También se graficó el número de observaciones en cada hábitat y en cada microhábitat.

### **7.1.2. Análisis estadístico**

Los resultados se basan en 64 individuos capturados y 13 observados durante el periodo de estudio. Se aplicó una prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de los datos. Se aplicó una prueba de ANOVA para ver diferencias en la temperatura ambiental y la humedad entre estaciones. Se aplicó una prueba de correlación de Pearson para determinar si la temperatura del cuerpo está asociada a la temperatura del aire, del microhábitat o del sustrato ( $p > 0.05$ ). Se usó el programa SPSS 15.0.

## **7.2. Reproducción de *Gerrhonotus infernalis***

### **7.2.1. Trabajo de campo**

De julio de 2008 a junio de 2010, tres días por semana, de 9:00 a 17:00 h se recorrieron 4 brechas (Del Chile, San Agustín, Las Moras y El Empalme) y 6 veredas (1, 2, 3, Enrique Díaz, Deslavada y Don Toño) en el bosque de encino, encino-pino y pino-encino del Parque Ecológico Chipinque A. B. P. (PECh). Cada brecha o vereda se recorrió una vez a la semana, buscando lagartijas 5 m hacia los lados y en diferentes

horas del día para obtener variación en la capturas. Las observaciones se registraron mediante búsquedas sistemáticas y encuentros fortuitos de individuos adultos (hembras y machos), jóvenes, crías y huevos. Cuando fue posible, cada individuo observado se capturo mediante la técnica de lazada o con la mano, se determino el sexo y se marco por ectomización de falanges (Waichman, 1992).

Para determinar el estado reproductor se palpó a las hembras capturadas para ver si estaban gestantes. En marzo de 2010 se capturaron cuatro hembras grávidas, las cuales fueron transportadas al laboratorio y colocadas en terrarios con sustrato (vermiculita) para su habituación en un rango de temperatura de 20-23 °C y 60-65% de humedad relativa. Las hembras se mantuvieron en los terrarios hasta el día de puesta. Las nidadas fueron colocadas en sustrato de vermiculita húmeda (50:50) hasta el día de la eclosión. Se registró la longitud hocico-cloaca, longitud del tronco de las hembras gestantes y el tamaño de nidada. Se midió el ancho y largo de los huevos y se pesaron. Todas las medidas morfométricas se registraron con un Vernier ( $\pm 1\text{mm}$ ) y el peso con una balanza electrónica.

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

Veinticuatro especímenes (10 hembras y 14 machos) preservados en la colección del Laboratorio de Herpetología de la UANL fueron disectados para examinar su estado reproductor. Las hembras se consideraron reproductivamente activas por la presencia o ausencia de folículos vitelogénicos o huevos en los oviductos. Los folículos mayores de 2 mm de longitud se consideraron vitelogénicos (Ramírez-Bautista y Pavón 2009), el tamaño de nidada se considero con base en el número de los folículos vitelogénicos más grandes o huevos presentes (Ramírez-Bautista y Pavón, 2009).

Los machos se consideraron reproductivamente activos por la presencia de testículos alargados y epidídimos turgentes (Ramírez-Bautista y Pavón, 2009). Se registró el número de folículos, largo y ancho de los folículos ováricos, largo y ancho de los testículos.), el tamaño de puesta, la LHC y la longitud del tronco de las hembras que contuvieron huevos desarrollados. Las medidas morfométricas se registraron con un Vernier ( $\pm 1\text{mm}$ ) y el peso de los huevos con una balanza electrónica ( $\pm 1\text{mm}$ ).

### **7.2.3. Análisis estadístico**

Se aplicó una prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de los datos. Se aplicó una regresión de Spearman para evaluar la asociación entre el tamaño de la hembra (LHC) y la longitud del tronco (LT) de las hembras capturadas en campo y los especímenes de la colección con el tamaño de puesta.

## **7.3. Dimorfismo sexual en *Gerrhonotus infernalis***

### **7.3.1. Trabajo de campo**

De abril de 2008 a Diciembre de 2009 se capturaron 89 *Gerrhonotus infernalis* (56 hembras y 33 machos), mediante la técnica de lazada o a mano, en 4 brechas (Del Chile, San Agustín, Las Moras y El Empalme) y 6 veredas (1, 2, 3, Enrique Díaz, Deslavada y Don Toño) localizadas en bosque de encino, encino-pino y pino-encino en el Parque Ecológico Chipinque (PECh). Se consideraron sólo los individuos adultos mayores de 100 mm de LHC, esto con la finalidad de minimizar las diferencias entre machos y hembras. Se determinó el sexo de machos mediante la emersión de hemipenes. Cada individuo capturado fue marcado por ectomización de falanges (Waichman, 1992), para

evitar la duplicación de marcas. Todas las lagartijas fueron liberadas en el sitio de captura.

Para evaluar la existencia del dimorfismo sexual en la población de *G. infernalis* en el PECh, se registraron las siguientes variables de cada individuo: longitud hocico-cloaca (LHC, de la punta del hocico al margen posterior de la escama anal), longitud de la cabeza (LC, de la punta del hocico al margen posterior del oído), ancho de la cabeza (AC, ancho máximo de la cabeza), alto de la cabeza (AIC, alto máximo de la cabeza), longitud de la extremidad derecha anterior (LEDA, medida de la axila anterior a la muñeca), longitud de la extremidad derecha posterior (LEDP, de la axila posterior a la muñeca), longitud del cuarto dedo de la extremidad derecha anterior (LCDDA), longitud del cuarto dedo de la extremidad posterior derecha (LCDPI), longitud del tronco (LT, la distancia del margen posterior de la extremidad anterior derecha a la inserción de la extremidad posterior derecha), longitud de la cola (LCo, del margen posterior de la escala anal a la punta de la cola), ancho de la cola (ACo, ancho de la cola inmediatamente posterior a la escama anal). Las medidas se tomaron con un Vernier ( $\pm 1\text{mm}$ ) y el peso total con una Pesola portátil ( $\pm 1\text{g}$ ). Sólo se midió una característica morfológica que fue el número de líneas dorsales transversales (LDT). Se contaron las marcas de mordidas presentes en cada individuo y se clasificaron como: mordidas (si la línea de dientes era visible), cicatrices (definidas por la presencia de tejido regenerado) y heridas (definidas por la presencia de sangre).

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

Se examinaron además 13 especímenes (3 machos y 10 hembras) de la Colección Herpetológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) colectados en



años previos en Chipinque. Se registraron las mismas variables morfométricas que en los individuos colectados en campo.

### **7.3.3. Análisis estadístico**

Debido a que las hembras y los machos parecen ser visualmente diferentes en el tamaño del cuerpo, se hizo una corrección de todos los datos morfológicos mediante la regresión de cada variable con la LHC y salvando los residuales. Se realizó un análisis de componentes principales (PCA) sobre los residuales de la LHC para explorar cuales variables influyen más en la variación corporal entre machos y hembras. Interpretando las cargas de las variables en cada eje del componente principal, se seleccionaron cuatro variables de las cuales se probaron las hipótesis de las diferencias en morfología entre machos y hembras.

Se aplicó una prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de los datos. Se examinó la variación morfológica entre machos y hembras aplicando un ANOVA de una vía. Para evaluar las posibles diferencias entre las dimensiones de la cabeza y la longitud del cuerpo entre sexos se aplicó una ANCOVA (covariable= LHC) (Sokal and Rohlf, 1995). Para evaluar las diferencias intrasexuales de las dimensiones de la cabeza se aplicó un análisis de regresión (RMA) (Sokal and Rohlf, 1995). Cada dimensión lineal (largo, ancho y alto de la cabeza) se consideró como una variable independiente y la LHC como la variable dependiente.

La hipótesis nula de isometría se sostuvo si el 95% de los intervalos de confianza presentaban una pendiente de 1.0. Se consideró isometría positiva si los intervalos de confianza eran mayores de 1.0. Los intervalos de confianza menores de 1.0 se interpretaron como alometría negativa. Todas las variables fueron transformadas ( $\log_{10}$ )

previo al análisis. Para probar si la frecuencia de mordidas, cicatrices y heridas está asociada al sexo, se aplicó una Chi cuadrada. Todos los análisis estadísticos se desarrollaron usando el programa SPSS 15.0.

#### **7.4. Ámbito hogareño y densidad**

##### **7.4.1. Trabajo de campo**

Se estableció un cuadrante de 1 ha en un área de bosque de encino-pino en el Parque Ecológico Chipinque A. B. P., donde se capturaron 12 lagartijas mediante el método de lazada o a mano, se marcaron con el método de ectomización de falanges (Waichman, 1992) y se les colocaron radioreceptores TXB-003G (TELENAX, México, 2008). Sólo fueron consideradas las lagartijas adultas debido a que no se localizaron jóvenes ni crías. De septiembre de 2009 a diciembre de 2011 se realizó el trabajo de recaptura y relocalización de las lagartijas entre las 9:00 h y las 17:00 h, de 2-3 días por semana caminando de manera aleatoria en el sitio; para cada individuo recapturado o relocalizado se registraron las siguientes variables: longitud hocico-cloaca (Vernier $\pm$  1mm), peso (Pesola portátil,  $\pm$  1g), sexo (por emersión de hemipenes), coordenadas de captura (GPS Garmin Ltd, Romsey, UK). Después los individuos se liberaron en el sitio de captura.

A cada lagartija se le sujetó un radiotransmisor de la marca Telenax, modelo TXB-00G3 (TELENAX, 2008), aplicando la técnica propuesta por Madrid-Sotelo y García-Aguayo (2008) para serpientes. El peso de los radiotransmisores representó menos del 7.5 % del peso corporal, valor sugerido para lagartijas como adecuado para no interferir con las actividades normales y en la sobrevivencia del animal (Knapp y Abarca, 2009).

Los individuos ( $n = 13$ ) tuvieron un peso de 35 - 48 gramos ( $\bar{X} = 38.6$ ); la longitud hocico-cloaca de los individuos vario de 122.0 – 149.5 mm ( $\bar{X} = 138.6$ ) y el porcentaje de peso del radio respecto al peso del individuo vario de 0.5 – 0.7 % ( $\bar{X} = 0.6$ ). Para colocar el radio transmisor se inmovilizó manualmente al individuo por la parte anterior, sujetando cuidadosamente la cabeza para evitar que mordiera, al mismo tiempo se estimuló a que expandiera su abdomen y los pliegues abdominales laterales. Inmediatamente después se colocó el radio en el dorso tres centímetros antes de la base de la cola de la lagartija y se sujeto sobre el abdomen con cinta Microporo® color blanco (1 cm de ancho), después se liberaron las lagartijas. La relocalización se hizo usando una antena Yagi de tres elementos, plegable (Telemetry Receiver R-1000, Communications Specialist, Inc.) y un receptor, caminando de manea aleatoria en el sitio.

Para estimar el ámbito hogareño de *G. infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque se utilizo el programa Biotas ver 3.0 en el cual se registraron las coordenadas geográficas de las recapturas o relocalizaciones por individuo y después se estimó el área de actividad mediante el método de polígono mínimo convexo. Se estimo el ámbito hogareño para machos y hembras en el periodo reproductor (otoño) y no reproductor (primavera, verano e invierno). Después de obtener las áreas de actividad para cada periodo se estimó el traslape de ámbito hogareño para macho-macho, hembra-hembra y macho-hembra en 1 ha de bosque.

La densidad se estimo utilizando técnica de captura-recaptura (se consideraron siete estaciones de muestreo) y aplicando el método Jolly-Seber, del cual Krebs (1989) menciona que está diseñado para poblaciones abiertas y que hay supuestos que cumplir para aplicar este método:

- 1) todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser capturados durante el muestreo
- 2) los individuos no pierden sus marcas y estas no se repiten
- 3) el tiempo de muestreo es insignificante en relación a los intervalos entre periodos de muestreo.

$$N_i = \frac{n_i + 1}{m_i + 1} \left\{ \frac{z_i (R_i + 1)}{r_i + 1} + m_i \right\}$$

donde:

$i$  = mes (periodo de muestreo)

$N_i$  = Abundancia en el periodo de muestreo  $i$  ( $i = 2, \dots, k-1$ )

$m_i$  = Número de animales marcados capturados en el periodo de muestreo  $i$

$n_i$  = Número de individuos capturados en la muestra  $i$  ( $i = 1, \dots, k$ );

$R_i$  = Número de individuos liberados de los  $n_i$  marcados ( $i = 1, \dots, k-1$ ) (igual que  $n_i$  debido a que sólo se captura).

$Z_i$  = Suma del número de individuos recapturados antes y después de la muestra  $i$ , pero no en la muestra  $i$  ( $i = 2, \dots, k-1$ );

$r_i$  = Suma del número de individuos capturados de los liberados en  $R_i$  que son recapturados ( $i=2, \dots, k-1$ ).

#### **7.4.2. Análisis estadístico**

Para corroborar la normalidad a los datos se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. El tamaño del ámbito hogareño entre machos y hembras para cada uno de los períodos se comparó aplicando una prueba de U de Mann-Whitney. Para evaluar diferencias en el traslape macho-macho, macho-hembra y hembra-hembra, se aplicó una prueba de U de Mann-Whitney para cada periodo. Para determinar diferencias de traslapes de cada combinación entre periodos se aplicó un análisis de Kruskal- Wallis. Todas las pruebas estadísticas se hicieron en el programa SPSS 15.0. Los resultados fueron significativos en un nivel 0.05.

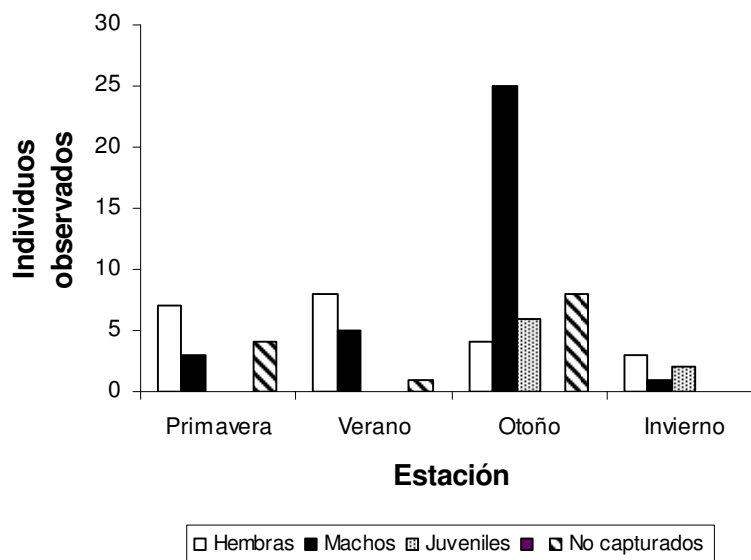
## 8. RESULTADOS

### 8.1. Patrón de actividad y variables ambientales

#### 8.1.1. Patrón de actividad diaria y estacional

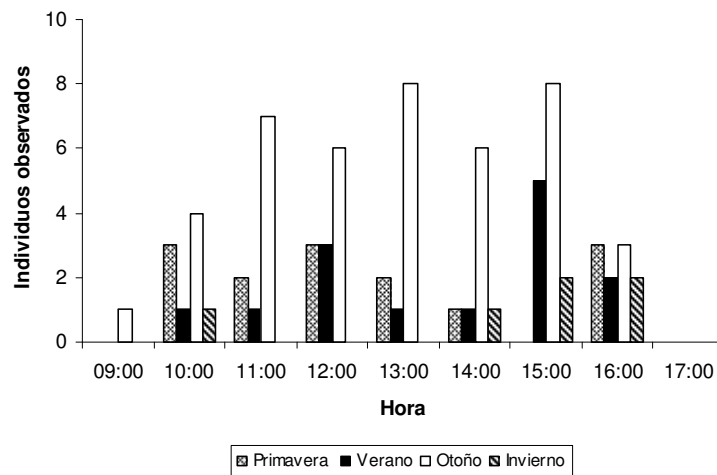
Durante el tiempo de estudio se observaron 77 *Gerrhonotus infernalis* activos (22 hembras, 34 machos, 8 juveniles y 13 no determinados). En primavera y verano la actividad fue similar (14 observaciones por cada estación). La principal actividad de la especie se registro en otoño (43 observaciones), principalmente de mediados de octubre a finales de noviembre; durante el invierno se registro poca actividad (6 individuos)

(Fig. 4)



**Fig. 4.** Patrón de actividad estacional de *Gerrhonotus infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque.

En primavera, verano e invierno se observó mayor número de hembras (7, 8 y 3) que de machos (3, 5 y 1); mientras que en otoño se observó mayor número de machos (4 hembras y 25 machos). Durante el tiempo de estudio sólo se observaron individuos juveniles en otoño (6) e invierno (2) (Fig. 4). El patrón de actividad diaria varió estacionalmente; durante la primavera la principal actividad se registró en la mañana (10:00 – 13:00 h); durante el verano y el invierno la principal actividad fue en la tarde (15:00 – 16:00 h); durante el otoño la actividad fue constante a lo largo del día (Fig. 4). En primavera y verano parece haber un patrón bimodal de actividad, mientras que en otoño es unimodal (Fig. 5). Las lagartijas fueron muy activas después de los periodos de lluvia, sobre todo en verano.



**Fig. 5.** Patrón de actividad diaria de *Gerrhonotus infernalis* en primavera, verano, otoño e invierno en el Parque Ecológico Chipinque.

### 8.1.2. Características ambientales

La temperatura ambiental mínima durante la actividad de *Gerrhonotus infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque fue 2.7 °C en otoño y la temperatura máxima fue de

30.0°C en primavera. La temperatura mínima corporal fue 3.5 °C, en otoño y la máxima fue 34.5 °C en primavera (Tabla 1).

**Tabla 1.** Variables ambientales registradas durante la actividad de *Gerrhonotus infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque. Variable,  $\bar{X}$  = media,  $\pm 1$  d.e. = desviación estándar, rango y n = número de observaciones.

		Primavera	Verano	Otoño	Invierno
$\bar{X}$		24.9	24.0	18.6	21.4
Temperatura ambiental	d. e.	3.5	2.6	4.4	3.6
	Rango	18.1 – 29.4	20.5 – 30.0	2.7 – 26.4	16.0 – 25.6
	n	14	14	43	5
$\bar{X}$		24.7	23.6	18.5	20.4
Temperatura del microhábitat	d. e.	3.6	2.6	4.9	4.2
	Rango	18.2 – 29.4	20.5 – 30.0	0.4 – 28.2	13.0 – 25.4
	n	14	14	43	6
$\bar{X}$		23.9	22.3	18.6	19.5
Temperatura del sustrato	d. e.	4.7	2.1	4.4	5.9
	Rango	18.0 – 34.5	19.5 – 27.5	2.7 – 26.4	13.5 – 28.5
	n	14	14	43	6
$\bar{X}$		22.8	23.0	16.4	18.3
Temperatura corporal	d. e.	4.7	1.9	4.4	5.6
	Rango	18.0 – 34.5	19.5 – 27.0	3.5 – 23.5	13.5 – 27.5
	n	11	14	38	5



	$\bar{X}$	55.3	72.4	54.1	58.8
Humedad relativa	d. e.	13.5	8.7	13.0	10.2
	Rango	39.6 – 84.4	57.3 – 89.6	32.0 – 85.3	43.0 - 70.6
	n	14	14	43	5
	$\bar{X}$	55.9	72.9	55.8	60.2
Humedad del microhabitat	d. e.	13.3	7.8	12.6	9.9
	Rango	40.0 – 83.2	61.2 – 89.6	27.4 – 85.9	46.6 – 73.8
	n	14	14	43	5

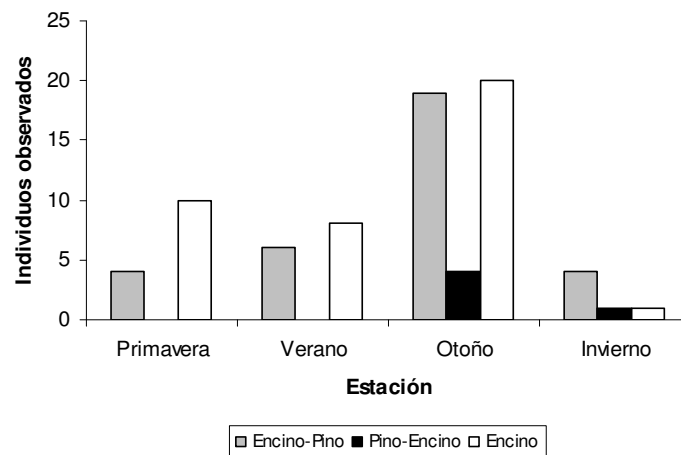
En los meses más calientes (verano) el mayor número de individuos de *G. infernalis* activos se observó frecuentemente después de la lluvia (43%). Hubo una relación significativa entre la temperatura del cuerpo y el sustrato en primavera ( $r^2= 0.955$ ,  $p<0.017$ ;  $n=13$ ), verano ( $r^2= 0.824$ ,  $p<0.001$ ;  $n=14$ ); otoño ( $r^2= 0.995$ ,  $p<0.001$ ;  $n=38$ ) e invierno ( $r^2= 1.00$ ,  $p<0.001$ ;  $n=5$ ). Hubo diferencias significativas en la temperatura ambiental cuando se incluyó el efecto de la estación (primavera, verano y otoño) ( $F_{2, 70}=18.7$ ;  $p<0.001$ ), también hubo diferencias significativas de la estación con la temperatura corporal ( $F_{2, 62}=19.7$ ;  $p<0.001$ ) (no se incluyó invierno por el bajo tamaño de muestra = 5).

En general, hubo una relación significativa entre la temperatura ambiental ( $\bar{x} = 20.9$ ; d. e. = 4.8;  $n=76$ ), la temperatura del microhábitat ( $\bar{x} = 20.7$ ; d. e. = 5.0;  $n = 77$ ) y la temperatura del sustrato ( $\bar{x} = 18.9$ ; s. d. = 5.4;  $n = 77$ ) con respecto a la temperatura

corporal de las lagartijas ( $\bar{x} = 18.9$ ; s .d. = 5.1; n= 68), ( $r^2= 0.835$ , n= 69,  $r^2= 0.838$ , N= 69,  $r^2= 0.982$ , N= 69, respectivamente). La relación más importante fue entre la temperatura corporal y el sustrato.

### 8.1.3. Preferencia de hábitat y microhábitat

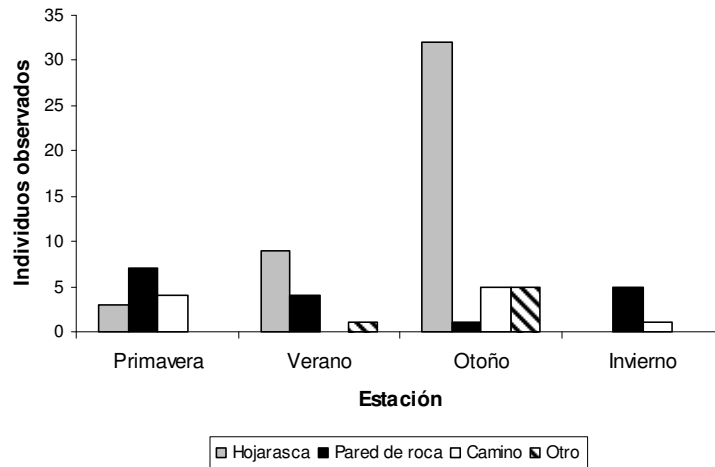
La clasificación del hábitat se consideró con base en el tipo de vegetación presente en el parque. La actividad de las lagartijas se registró en bosque de encino, bosque de pino-encino y bosque de encino-pino. El hábitat mayormente preferido por las lagartijas fue el de bosque de encino (50.7%), y el bosque de encino-pino (42.9 %) y en menor grado bosque de pino-encino (6.4%) (n = 77) (Fig. 6).



**Fig. 6.** Preferencia de hábitat de *Gerrhonotus infernalis* en primavera, verano, otoño e invierno en el Parque Ecológico Chipinque.

En general, la mayor actividad de *Gerrhonotus infernalis* se registró en un microhábitat constituido por hojarasca (57%). En primavera (50%) y en invierno (80%)

el microhábitat mayormente preferido fueron rocas o pared de rocas. En verano y otoño fue la hojarasca (64% y 74%, respectivamente) (n = 77) (Fig. 7).



**Fig. 7.** Preferencia de microhábitat de *Gerrhonotus infernalis* en primavera, verano, otoño e invierno en el Parque Ecológico Chipinque.

## 8.2. Reproducción

### 8.2.1. Ciclo reproductor

En julio de 2008 se encontró una hembra adulta con tres neonatos y 11 huevos eclosionados dentro de una guarida; en enero y abril de 2009 se observaron dos hembra grávidas en guaridas; la que se observó en abril se volvió a observar en mayo de 2009 pero con tres huevos eclosionados en la entrada de su guarida, pero no se observaron las crías. En marzo de 2010 se capturaron tres hembras grávidas y en mayo una más. La puesta fue en el mes de mayo y la eclosión a finales de junio y principios de julio de 2010.

De las hembras preservadas en la colección seis (317, 318, 1616, 3882, 5788, 7278;  $\bar{x}$  LHC = 130.9 mm  $\pm$  7.1) presentaron folículos ováricos no vitelogénicos de mayo a octubre. Una (6960), colectada en noviembre, presentó huevos en desarrollo y una más

(6951) colectada en abril, presento huevos completamente desarrollados (Tabla 2). La presencia de testículos alargados y epidídimos turgentes se observó principalmente en los machos colectados en octubre (1913, 6345, 6346, 6958) y noviembre (1809, 6901, 7106) (Tabla 2).

**Tabla 2.**  $\bar{x} \pm$  error estándar, rango y número de las gónadas reproductoras de hembras y machos de *Gerrhonotus infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque.

Variable	$\bar{x}$ ( $\pm$ e. e.)	Min-Máx	n
Largo del folículo derecho	7.8 ( $\pm$ 1.4)	5.5 – 9.2	6
Largo del folículo izquierdo	8.7 ( $\pm$ 1.1)	6.8 – 9.8	6
Ancho del folículo derecho	2.4 ( $\pm$ 0.5)	1.4 – 3.0	6
Ancho del folículo izquierdo	2.4 ( $\pm$ 0.6)	1.4 – 3.5	6
Largo del testículo derecho	7.6 ( $\pm$ 1.4)	5.9 – 9.8	13
Largo testículo izquierdo	7.1 ( $\pm$ 1.3)	5.0 – 8.7	13
Ancho testículo derecho	3.6 ( $\pm$ 1.0)	2.3 – 5.4	13
Ancho testículo izquierdo	3.5 ( $\pm$ 0.7)	2.7 – 4.8	13

La época de apareamiento de *G. infernalis* se da durante el otoño, en los meses de octubre y noviembre; el periodo de gestación se desarrolla durante el invierno y parte de la primavera, la puesta de los huevos es en el mes de mayo y la eclosión de los huevos se da a finales de junio y principios de julio (Fig. 8).

Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov
Periodo de gestación					Puesta de huevos	Eclosión			Cortejo		

**Fig. 8.** Esquema del ciclo reproductor de *Gerrhonotus infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque.

No hubo una relación significativa entre el tamaño de la longitud hocico-cloaca ( $133.4 \pm 15.4$  mm;  $n = 6$ ) y la longitud del tronco ( $82.9 \pm 8.1$  mm,  $n = 6$ ) con el número de huevos de la puesta ( $r_s = 0.319$ ,  $P = 0.538$ ,  $n = 6$ ;  $r_s = 0.348$ ,  $P = 0.499$ ,  $n = 6$  respectivamente).

### 8.2.2. Características de la puesta de *Gerrhonotus infernalis*

Se registró una media de  $16.7 \pm 6.1$  huevos por hembra ( $n = 6$ , rango 9-27) y se obtuvieron 81 neonatos eclosionados vivos de cuatro hembras grávidas capturadas en campo (Tabla 3).

**Tabla 3.** Características de la puesta de *Gerrhonotus infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque.

$\bar{x}$  = media,  $\pm$  e.e. = error estándar, rango (mm), peso (g) y total de neonatos

Variable (mm)	$\bar{x} \pm$ e.e.	Mínimo- máximo	n
Largo (mm)	$16.7 \pm 1.8$	12.7 – 20.6	81
Ancho (mm)	$10.4 \pm 1.6$	8.3 – 19.6	81
Peso (g)	$0.94 \pm 0.2$	0.6 – 1.5	81

### 8.3. Dimorfismo sexual

El radio sexual de *G. infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque fue 1.6:1 (M:H).

En general, los machos fueron más grandes que las hembras (Tabla 4).

**Tabla 4.**  $\bar{x}$  = media,  $\pm 1$  e.e = error estándar, rango, y tamaño de muestra de las variables (morfológicas en milímetros y peso en gramos) evaluadas en *Gerrhonotus infernalis*. ♂ = machos, ♀ = hembras (campo y laboratorio). LHC: longitud hocico-cloaca; LC longitud de la cabeza; AC: ancho de la cabeza; AIC: alto de la cabeza; LEDA: longitud de la extremidad derecha anterior; LEDP: longitud de la extremidad derecha posterior; LCFDA: longitud de la cuarta falange derecha anterior; LCFDP: longitud de la cuarta falange derecha posterior; LT: longitud del tronco; LCo: longitud de la cola; ACo: ancho máximo de la cola; peso; LDT: líneas dorsales transversales.

Variable	$\bar{x} \pm e.e$		Mínimo -máximo		n	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
LHC	132.89±1.57	127.66±1.67	104.50- 155.00	102.80 - 158.00	59	43
LC	31.16±0.60	27.84±0.44	18.00 - 40.00	21.30 - 33.00	59	43
AIC	20.07±0.44	16.91±0.34	13.50 - 29.00	11.60 - 21.50	59	43
AC	13.94±0.30	11.14±0.25	10.00 19.00	7.30 - 16.00	59	43
LEDA	22.95±0.35	21.72±0.25	16.00 - 30.00	17.60 - 26.40	59	43
LEDP	25.80±0.27	24.79±0.35	20.50 - 31.10	21.00 - 29.80	59	43
LCFDA	8.32±0.12	7.92±0.14	6.50 - 10.50	6.50 - 10.00	59	42
LCFDP	9.93±0.14	9.38±0.17	7.20 - 13.00	7.10 - 11.80	59	42
LT	72.75±0.90	70.91±1.14	58.50 - 87.60	59.00 - 93.50	59	43
LCo	237.87±7.50	228.28±7.39	99.00 - 298.00	126.00 - 281.00	24	22
ACo	9.45±0.16	10.15±0.35	7.00 - 12.30	7.50 - 18.00	59	43
Peso	35.44±1.36	30.35±1.41	17.00 - 58.00	17.00 - 52.00	56	33
LTD	8.07±0.12	8.27±0.15	6.00 - 10.00	7.00 - 10.00	56	33

Los valores del PCA indican que la longitud del tronco y las dimensiones de la cabeza fueron características importantes en los ejes 1 y 2 (Tabla 5). La longitud del tronco se inclino hacia el lado negativo del PC 1, mientras que el largo de la cabeza estuvo fuertemente inclinado en el lado positivo del PC 1. De este modo, los individuos con troncos más largos se cargaron hacia el lado negativo de los ejes, mientras los individuos con cabezas más largas se cargaron hacia el lado positivo.

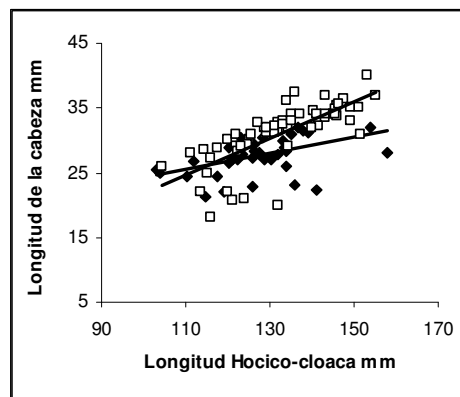
Las dimensiones de la cabeza (AC, AIC y LC) fueron importantes en el PC 2; los machos tendieron a tener valores más bajos para cada variable y así fueron cambiados hacia el lado negativo de PC 2. Las medidas de las extremidades mostraron valores altos en el PC 3, indicando que ni la variación de las extremidades anteriores ni de las posteriores contribuye sustancialmente a la variación de la forma del cuerpo.

**Tabla 5.** Autovalores del Análisis de Componentes Principales (PCA) de nueve variables morfológicas evaluadas en machos y hembras de *Gerrhonotus infernalis*.

Variables	Factor		
	1	2	3
Longitud de la cabeza	-0.1458	-0.7124	-0.4196
Alto de la cabeza	-0.0887	-0.4540	-0.0260
Ancho de la cabeza	-0.0668	-0.3417	-0.0164
Longitud de la extremidad derecha anterior	0.0071	-0.2349	0.6327
Longitud de la extremidad derecha posterior	-0.0275	-0.2444	0.6305
Longitud de la cuarta			

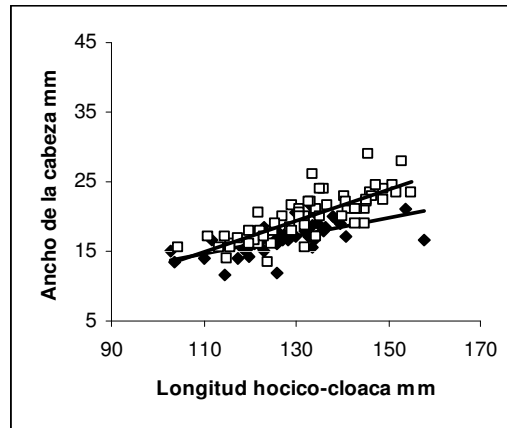
falange derecha anterior	-0.0360	-0.0365	0.0383
Longitud de la de la cuarta			
falange derecha posterior	-0.0371	-0.0971	0.0936
Longitud del tronco	-0.9805	0.1842	0.0436
Ancho de la cola	-0.0365	-0.0986	0.1128
Varianza explicada	30.78 %	15.99 %	4.69 %

La prueba de ANOVA mostró que hay diferencias significativas en el subconjunto de variables seleccionadas de los resultados del PCA. Los machos fueron más grandes en LHC, ancho, alto y largo de la cabeza (LHC:  $F_{1, 100} = 4.85$ ;  $P = 0.030$ ; LC:  $F_{1, 100} = 13.41$ ;  $P = 0.000$ ; AC:  $F_{1, 100} = 28.00$ ;  $P = 0.000$ ; AIC:  $F_{1, 100} = 46.90$ ;  $P = 0.000$ ). La prueba de ANCOVA mostró que los machos tienen cabezas más grandes con respecto al tamaño del cuerpo que las hembras del mismo tamaño ( $F_{3, 97} = 8.37$ ;  $P = 0.006$ ). El efecto del sexo fue significativo para el ancho y el alto de la cabeza, pero no para el largo. Hay una correlación positiva entre la longitud (Fig. 9), ancho (Fig. 10) y alto (Fig. 11) de la cabeza con la LHC en ambos sexos.

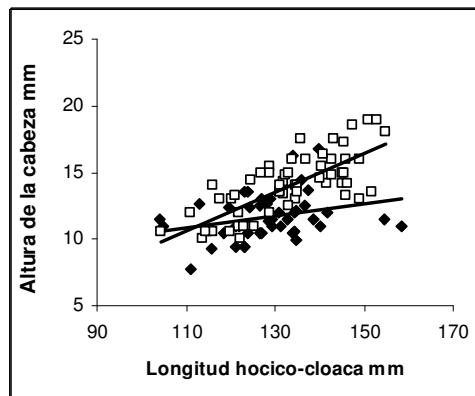


**Fig. 9.** Relación entre la longitud de la cabeza y la longitud hocico-cloaca.





**Fig. 10.** Relación entre el ancho de la cabeza y la longitud hocico-cloaca.



**Fig. 11.** Relación entre la altura de la cabeza y la longitud hocico-cloaca. .  
 □ machos ♦ hembras

Las hembras mostraron un crecimiento alométrico negativo para el largo de la cabeza, pero presentaron un crecimiento isométrico para el ancho y alto de la cabeza. Los machos mostraron crecimiento isométrico para el largo de la cabeza y crecimiento alométrico positivo para el ancho y alto de la cabeza (Tabla 6).

**Tabla 6.** Análisis de regresión lineal (Reduced Major Analysis, RMA) de los patrones de crecimiento (mm) de la longitud (LC), ancho (AC) y alto de la cabeza (AIC) en machos y hembras.  $\bar{X}$  = media,  $\pm 1$  d.e. = desviación estándar, I.C. = intervalo de confianza,  $r^2$  = coeficiente de correlación y alometría.

Parámetro	$\bar{x} \pm 1$ d.e.	Pendiente	IC	R <sup>2</sup>	Allometría
Largo de la cabeza					
Machos	31.16±4.61	1.263	0.924 – 1.601	0.495	Isometrico
Hembras	27.84±0.44	0.570	0.219 – 0.921	0.208	Negativo
Ancho de la cabeza					
Machos	20.07±3.39	1.463	1.166 – 1.760	0.630	Positivo
Hembras	16.91±0.34	0.985	0.593 – 1.377	0.386	Isometrico
Alto de la cabeza					
Machos	13.94±2.33	1.404	1.089 – 1.719	0.583	Positivo
Hembras	11.14±0.25	0.524	0.012 – 1.037	0.094	Isometrico

De 59 hembras, en 21 se observaron mordidas, en 9 cicatrices y ninguna con heridas. De 43 machos, en 39 se observaron mordidas, en 16 cicatrices y en 9 heridas. El rango de mordidas, heridas y cicatrices varió entre individuos y entre sexos (Tabla 7).

**Tabla 7.** La frecuencia de mordidas, cicatrices y heridas en hembras y machos de *Gerrhonotus infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque.

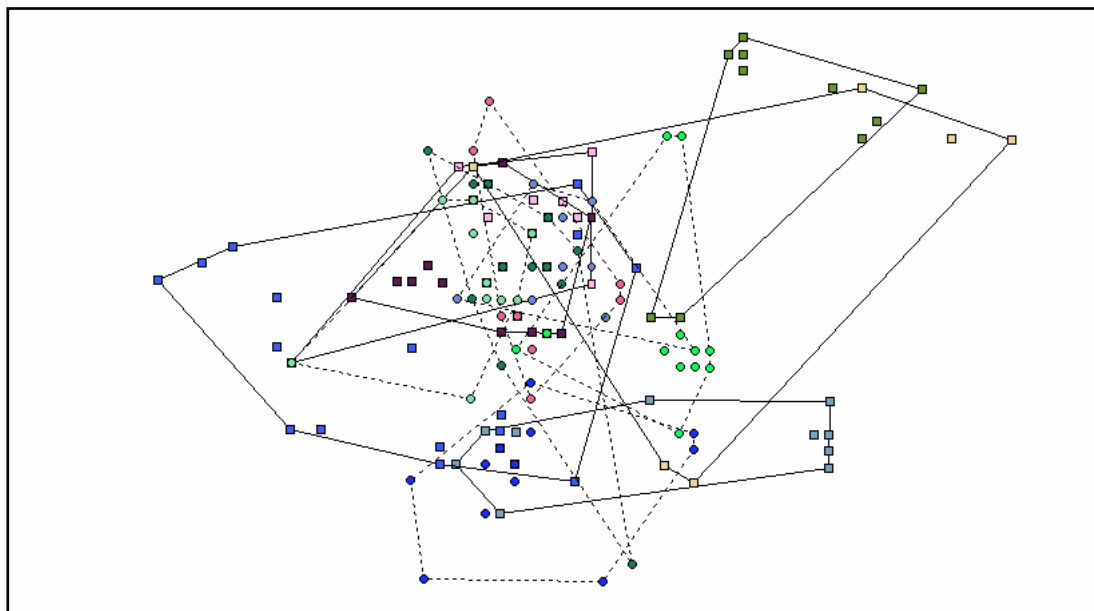
Sexo	Mordidas (n; rango por individuo)	Cicatrices (n; rango por individuo)	Heridas (n; rango por individuo)
Hembras	50 (1 – 9)	17 (1 – 5)	0
Machos	141 (1 – 13)	23 (1 – 3)	11 (1 – 2)

La frecuencia de mordidas, cicatrices y heridas varió significativamente entre machos y hembras ( $\chi^2_{(0.05, 2)} = 8.813$ ,  $P = 0.012$ ).

#### 8.4. Ámbito hogareño

##### 8.4.1. Época reproductora

Para el periodo reproductor se estimaron 6 polígonos para machos ( $17.3 \pm 1.8$  relocalizaciones/individuo) y 6 polígonos para hembras ( $14.83 \pm 1.49$  relocalizaciones/individuo). Se observaron traslapes hembra-hembra ( $\bar{x} = 219.61 \text{ m}^2 \pm 42.78$ ;  $n = 12$ ); macho-macho ( $\bar{x} = 537.8 \pm 96.8 \text{ m}^2$ ;  $n = 9$ ) y hembra-macho ( $\bar{x} = 389.10 \pm 51.68 \text{ m}^2$ ;  $n = 26$ ) (Fig. 12).



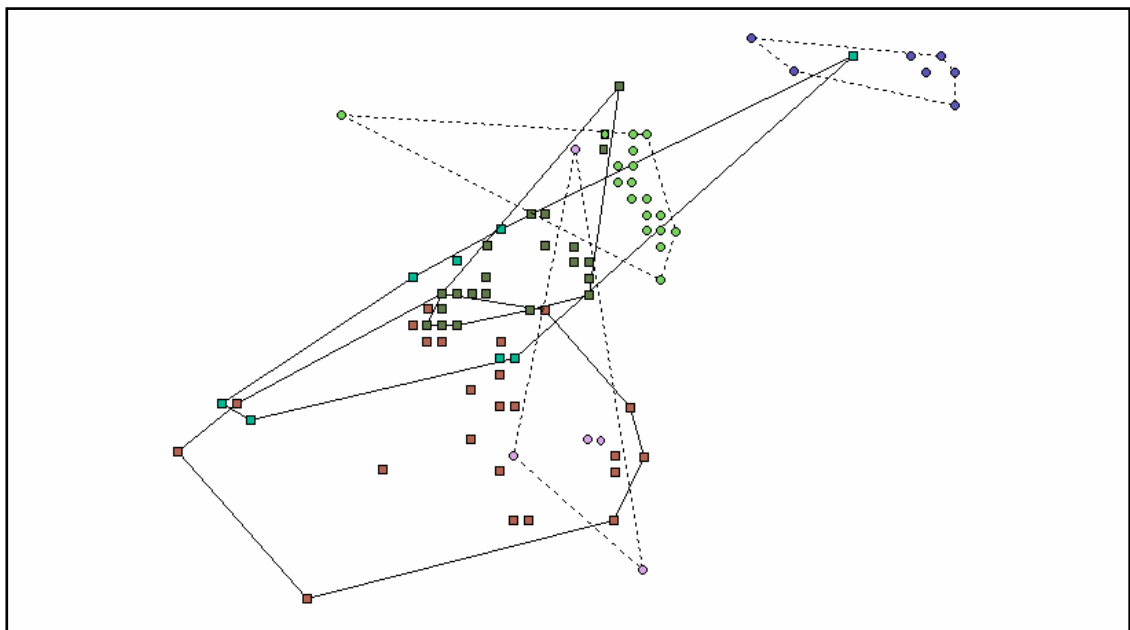
**Fig. 12.** Ámbito hogareño de *Gerrhonotus infernalis* en la época de reproducción en el Parque Ecológico Chipinque. ■ -- Macho, ● - -Hembra

No hubo diferencias en el área de ámbito hogareño entre sexos (machos  $1848.67 \pm 518.83 \text{ m}^2$  y hembras  $967.83 \pm 103.82 \text{ m}^2$ ; U-Mann Whitney = 8.0;  $p = 0.109$ ) en este

periodo. Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tipos de traslape ( $H = 7.17$ ; g. l. = 2, 45;  $p = 0.028$ ).

#### 8.4.2. Época no reproductora

Para el periodo no reproductor se estimaron 3 polígonos para machos ( $39.00 \pm 2.65$  relocalizaciones/individuo) y 3 polígonos para hembras ( $15.67 \pm 7.67$  relocalizaciones/individuo). Se observaron únicamente dos traslapes hembra-hembra ( $82.09 \pm 74.79 \text{ m}^2$ ;  $n = 2$ ); dos traslapes macho-macho ( $143.85 \pm 75.57 \text{ m}^2$ ;  $n = 2$ ) y tres traslapes hembra-macho ( $246.10 \pm 153.08 \text{ m}^2$ ;  $n = 3$ ) (Fig. 13).



**Fig. 13.** Ámbito hogareño de *Gerrhonotus infernalis* en la época no reproductora el Parque Ecológico Chipinque. ■ --- Macho, ● - -Hembra

No hubo diferencias en el área de ámbito hogareño entre sexos (machos  $1600.89 \pm 840.92 \text{ m}^2$ ; hembras  $938.50 \pm 429.52 \text{ m}^2$ ; U-Mann Whitney = 3.0,  $p = 0.513$ ) en este

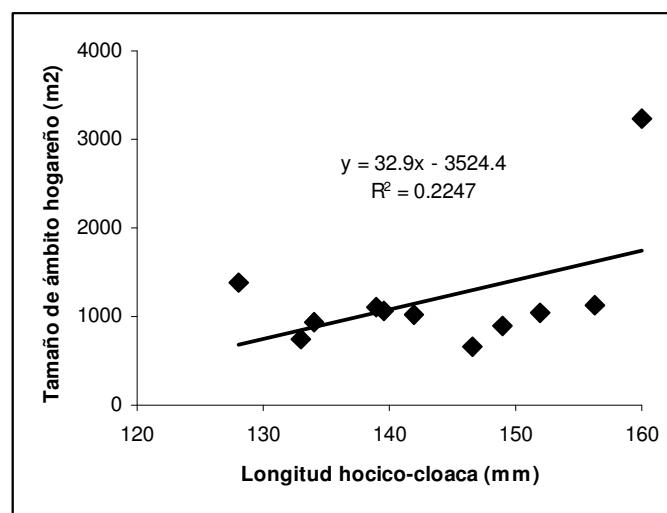
periodo. No se observaron diferencias significativas en el traslape macho-macho, hembra-hembra y macho-hembra ( $H = 0.607$ ; g. l. = 2,  $p = 0.738$ ) para este periodo.

#### 8.4.3. Comparación entre épocas

No hubo diferencias en el ámbito hogareño de hembras y machos entre el periodo reproductor y no reproductor (hembras:  $U = 8.0$ ,  $p = 0.796$ ; machos:  $U = 5.0$ ,  $p = 0.302$ ).

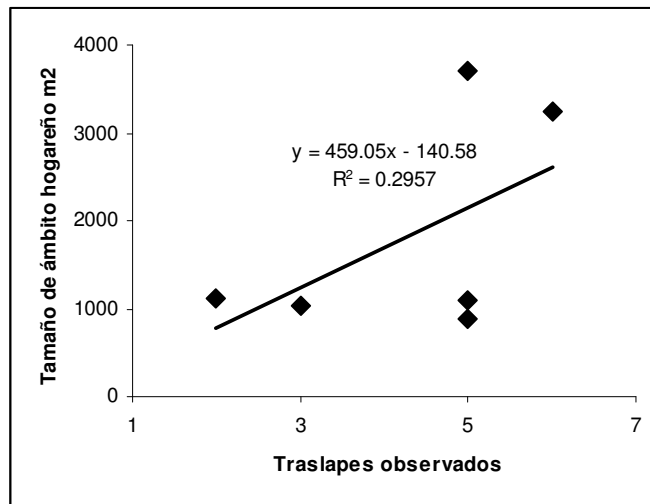
#### 8.4.4. Relación longitud hocico-cloaca y tamaño del ámbito hogareño

No se observó una relación entre el tamaño del individuo y el tamaño del ámbito hogareño (Fig. 14).



**Fig. 14.** Relación de la longitud hocico-cloaca y el ámbito hogareño

Tampoco se observó una relación entre el tamaño del ámbito hogareño y el número de traslapes macho-hembra (Fig. 15)



**Fig. 15.** Relación del número de traslapes macho-hembra y el tamaño del ámbito hogareño

#### 8.4.5. Densidad

Un total de 8 individuos fueron recapturados en tres o más estaciones del periodo de estudio en una ha. La densidad estimada mediante el método Jolly-Seber fue de 50 ind/ha.

## 9. DISCUSIÓN

### 9.1. Patrón de actividad, características ambientales y reproducción

El patrón de actividad de *G. infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque (PECh) varió a través del año, registrándose la principal actividad en otoño y la menor en invierno. El patrón de actividad varió entre estaciones, presentando dos picos de actividad en primavera y verano (determinado bimodal) y un pico en otoño e invierno (determinado unimodal), pero este patrón de actividad no es único para esta especie. Se ha reportado que las lagartijas tienden a cambiar el patrón bimodal de actividad de los meses calientes y secos a un patrón unimodal en los meses fríos (Pianka y Partern, 1972; Pianka, 1993; García de la Peña et al., 2007).

Los factores más importantes que influyen en los patrones de actividad de las lagartijas son los factores abióticos (ejem. temperatura y humedad), ritmos circadianos y hormonas (Klukowski et al., 2004; Winne and Keck, 2004; García de la Peña et al., 2007). La principal actividad de la población de *G. infernalis* en el PECh fue en los meses frescos (temperatura ambiental media 18.6 °C) y todos los individuos fueron observados en microhábitas húmedos (hojarasca), frescos y sombreados (probablemente para evitar la exposición directa a los rayos solares); es probable que la temperatura ambiental y la humedad relativa sean los factores de mayor importancia que influyen el patrón de actividad y la selección del microhábitat (Angert et al., 2002; Pal et al., 2010),

pero es necesario realizar experimentos para evaluar los posibles factores que influyen más en la actividad.

Probablemente la estructura de los componentes que constituyen la hojarasca es importante para la selección del microhábitat por las lagartijas. En este estudio, los individuos de *G. infernalis* se encontraron frecuentemente en la hojarasca en bosque de encino, donde abundan las hojas anchas (aunque se ha reportado que esta especie también presenta hábitos arbóreos; Green et al., 2009). Esta característica del microhábitat es importante porque *G. infernalis* es una lagartija altamente críptica, por lo que este sustrato puede ayudar a las lagartijas a evadir depredadores y/o ayudarles en la termorregulación (Angert et al., 2002; Diaz et al., 2006).

Debido a la fisiología de las lagartijas, la temperatura ambiental y la humedad relativa son factores importantes para la actividad (Brown and Robersts, 2008); así que el proceso de termorregulación se manifiesta en el cambio en el patrón de actividad diaria y estacional. La temperatura corporal de *G. infernalis* en el PECh se registró de 3.5°C a 34.5°C, no obstante el intervalo más común fue de 10.0 a 26.0 °C, intervalo que es similar a el registrado para otras especies de la familia (Brown and Roberts, 2008). Hay una alta correlación entre la temperatura corporal de *G. infernalis* con el sustrato, lo que sugiere que la especie es tigmotermica e incapaz de autotermoregular, por lo que adecua su temperatura a las condiciones del sustrato en que se encuentra.

El periodo más importante de actividad de *G. infernalis* en el PECh se registró en los meses de octubre y noviembre, de acuerdo con las observaciones realizadas en campo y en los ejemplares de la colección, otoño es la época de apareamiento. En este estudio se registra que *Gerrhonotus infernalis* presenta época de reproducción similar a



otras especies de la familia Anguillidae, como *Barisia* y *Elgaria* (Vial and Stewart, 1985; Guillete y Casas-Andreu, 1987; García-Vázquez, 2006).

En cuanto al tamaño reproductor, Smith (1979) menciona un mínimo de 50 mm de LHC para *G. infernalis*; en este estudio los ejemplares que se revisaron (campo y colección) para determinar el estado reproductor tuvieron una longitud hocico-cloaca entre 99.1 mm y 159.1 mm. En *Barisia imbricata*, que también pertenece a la familia Anguillidae, Uribe-Peña et al. (1999) mencionan que las hembras son reproductivas entre los 82.8 - 110.9 mm LHC, siendo similar el tamaño reproductivo de ambas especies.

El ciclo reproductor de *G. infernalis* en el PECh es similar al reportado por Guillete y Casas-Andreu (1987) para *Barisia ciliaris* y *B. imbricata*, especies en las cuales la vitelogenesis se presenta de julio a octubre y a partir de octubre ya se encuentran hembras grávidas, con el desarrollo embrionario en invierno y primavera y la puesta de huevos en principios de verano. El número promedio de huevos en *G. infernalis* registrado durante este estudio es mayor que el reportado en *B. ciliaris* (huevos:  $6.9 \pm 0.5$ ) (Guillete y Casa-Andreu, 1987; García-Vázquez et al., 2006) y *Gerrhonotus lugoi* (Lazcano et al., 1993).

Las hembras presentaron folículos ováricos desarrollados en septiembre; los huevos en el oviducto se observaron en julio y, al igual que en otras especies de hábitos templados, los huevos fueron puestos durante los meses calientes del año (Guillete y Casa-Andreu, 1987; García-Vázquez et al., 2006). Los ejemplares revisados mostraron epidídimos turgentes de junio a enero, período que coincide con el desarrollo folicular de las hembras.

Es escasa la información que se ha publicado acerca de la reproducción de *G. infernalis*. Aquí se reportan observaciones similares a las realizadas por Green et al.

(2006) en una hembra de *G. infernalis* la cual fue capturada gestante en el mes de marzo con una LHC de 130 mm; esta hembra tuvo una puesta de 19 huevos en el mes de mayo, de los cuales 16 eclosionaron en el mes de julio.

Los resultados obtenidos sugieren que *G. infernalis* tiene reproducción anual, ya que en las hembras se observó una estación reproductora única. Las observaciones de campo y de laboratorio confirman que en esta población el apareamiento ocurre en octubre-noviembre, presentando una sincronía reproductora entre sexos. Pocos fueron los neonatos que se observaron en este estudio, lo cual, probablemente, se deba a sus hábitos secretivos; y, aunque las crías surgen en julio, quizá los primeros meses de vida pasan el mayor tiempo resguardados entre la hojarasca, ya sea para termorregular o para evitar ser depredados. Es necesario investigar más en otras poblaciones de *G. infernalis* en México para determinar si existen variaciones ecológicas y de estrategias termorreguladoras entre poblaciones, lo cual puede ser útiles para proponer planes adecuados de conservación.

## **9.2. Dimorfismo sexual**

El dimorfismo sexual es común en lagartijas, aunque hay diferencias entre grupos filogenéticos (Butler et al., 2007; Molina-Borja, 2003). Los resultados de este estudio muestran que existe dimorfismo sexual en *G. infernalis* en la población del Parque Ecológico Chipinque; los machos presentan cabezas y cuerpos de mayores dimensiones que las hembras. También los machos tienen mayor peso que las hembras. En *Elgaria coerulea* los machos presentan cabezas más altas que las hembras (McBrayer and Anderson, 2007), sin embargo las hembras son más grandes en LHC (Stewart, 1985;

Rutherford, 2004; McBrayer and Anderson, 2007), aunque esta última característica puede variar anualmente (Stewart, 1985).

En otros anguidos, como *Barisia monticola*, los machos tienen cabezas más altas, largas y anchas que las hembras, pero no hay diferencias en LHC (Vial and Stewart, 1989). En *B. monticola* (Vial and Stewart, 1989) y *E. coerulea* (McBrayer and Anderson, 2007) se ha sugerido que los machos con cabezas más grandes tienen ventaja en los combates frente a otros machos o en la copulación con las hembras (Bowker, 1988; Formanowicz et al., 1990). En muchas especies de lagartijas, las dimensiones de la cabeza y del cuerpo son las que determinan el dimorfismo sexual (Pinto et al., 2005).

Se ha sugerido que las dimensiones de la cabeza son más importantes que la longitud de las extremidades en el desempeño de ciertos atributos (Huyghe et al., 2005), atributo que es importante en los combates intraespecíficos en los que la presencia de mordidas, cicatrices y heridas en machos de lagartijas es, probablemente, consecuencia de la conducta agonista (Bowker, 1988; Formanowicz et al., 1990; McBrayer y Anderson, 2007). En *Abronia vasconcelosii* Formanowicz et al. (1990) reportan nueve patrones conductuales de agresión intraespecífica, patrones conductuales en los que no influye el tamaño o el estatus de residencia de las lagartijas. De aquí se sugiere que el combate no se da por disputas territoriales.

En este estudio se observó dos pares de *G. infernalis* en combate; uno macho-macho y en el otro sólo se pudo determinar que uno era macho. En ambos combates un individuo sometía al otro mediante una mordida en el cuello, sin soltarlo. Después de varios movimientos el individuo que estaba sometido escapó. El individuo ganador dejó marcas de mordidas en el individuo sometido y las heridas fueron aparentes por la presencia de sangre. En este estudio, debido a que los machos presentaron más mordidas

y heridas que las hembras, parece ser que el combate macho-macho es mayor que el combate hembra-hembra (Formanowicz et al., 1990). Dado que otros anguidos exhiben conducta de agresión macho- macho y la presencia de marcas de mordidas en los machos de este estudio, parece ser que la conducta agnóstica está relacionada al dimorfismo sexual del tamaño de la cabeza en *G. infernalis*; sin embargo es necesario hacer más investigaciones para soportar estas hipótesis.

El dimorfismo sexual dado por las dimensiones de la cabeza puede también expresarse en diferencias en la presión de mordida (Herrel et al., 1996, Herrel et al., 1999; Husak et al., 2006; Lappin et al., 2006a, 2006b; McBrayer and Anderson, 2007), lo cual se debe al incremento y la orientación de la musculatura de la mandíbula (Herrel et al., 1996). Probablemente los machos de *G. infernalis* que poseen cabezas más grandes tienen una ventaja en los combates macho-macho o durante la copulación con las hembras (Herrel et al., 1996; Herrel et al., 1999; Husak et al., 2006), de ahí que el dimorfismo sexual favorece a los machos más grandes en especies que presentan conductas agresivas y de territorialismo dándoles una ventaja en los combates (Husak et al., 2006) y teniendo como resultado el éxito de apareamiento de los machos de mayor tamaño o cabezas más grandes y más fuertes (Lailvaux et al., 2004). La selección intrasexual probablemente dirige la evolución a poseer estructuras exagerada o mejorar el desempeño de estructuras como las cabezas porque esto ofrece ventaja en los encuentros agonísticos para establecer y mantener territorios o asegurar hembras (Lappin and Husak, 2005; Lappin et al., 2006b).

El patrón de crecimiento diferencial ha sido propuesto como un posible mecanismo para explicar el dimorfismo sexual. En algunos casos los patrones de crecimiento diferencial se originan como consecuencia de los procesos no adaptativos entre sexos

(Johnson et al., 2005; Ljubisavljevic et al., 2008). Por ejemplo en la madurez sexual, las hembras invierten bastante energía en la reproducción más que en el crecimiento (Liu et al., 2008). Siendo así, podríamos esperar que las hembras exhibieran crecimiento isométrico o negativamente alométrico en las regiones del cuerpo no asociadas con la reproducción.

Varias diferencias alométricas importantes se observaron en *G. infernalis*; en general, las hembras presentaron crecimiento isométrico o alométrico negativo y los machos presentaron crecimiento isométrico o alométrico positivo en las dimensiones de la cabeza (Tabla 3). Este resultado, más la presencia de los combates macho-macho, sostiene la idea de que la causa del dimorfismo sexual es el combate entre machos, más que el crecimiento diferencial. Si el crecimiento diferencial fuera la única causa del dimorfismo sexual, entonces no esperaríamos que los machos mostraran crecimiento alométrico positivo en la cabeza, la cual utiliza como una estructura de pelea. El tamaño de *Mabuya longicauda* muestra un dimorfismo sexual significativo, lo cual es consistente con las observaciones de combates macho-macho; pero las hembras de *Mabuya longicauda* también muestran cuidado maternal que puede durar por lo menos 23 días, por lo que las hembras invierten más energía lo que se ve reflejado en el menor crecimiento corporal (Huang, 2006).

Frecuentemente es difícil excluir la posibilidad de que los patrones de crecimiento diferencial puedan contribuir a la generación o mantenimiento de las características del dimorfismo sexual. El crecimiento diferencial frecuentemente se presenta en lagartijas (Butler and Losos, 2002; Cox et al., 2003; Molina-Borja and Rodríguez-Domínguez, 2004) y en este estudio se observó el mismo patrón de crecimiento diferencial que en *Hemidactylus turcicus* (Johnson et al., 2005) y *Dinarolacerta mosorensis*

(Ljubisavljevic et al., 2008). Este patrón de crecimiento probablemente es común en lagartijas.

En *G. infernalis* del Parque Ecológico Chipinque las dimensiones de la cabeza fueron considerables, en promedio el ancho de la cabeza en machos fue 16% mayor que el ancho de la cabeza de las hembras y el alto de la cabeza en machos fue 20% mayor. Las magnitudes de esas diferencias probablemente no se han desarrollado únicamente por crecimiento diferencial, pero parece ser que la selección podría ser requerida para generar tales diferencias en la morfología de machos y hembras. De aquí que se concluye que el dimorfismo sexual en esta población es probablemente resultado de la selección sexual en las estructuras que utilizan en los combates macho-macho. Sin embargo, como la mayoría de los estudios, no podemos refutar la posibilidad de que los procesos no-adaptativos como el crecimiento diferencial han estado involucrados en el origen de la selección de estas características sexuales. Futuras investigaciones deberían enfocarse en la cuantificación del grado de dimorfismo sexual en otras poblaciones de *G. infernalis* y en especies cercanas. Esto nos permitirá entender el papel de la contribución ecológica frente a la filogenia en el desarrollo de las características dimórficas y como estas son mantenidas.

### **9.3. Ámbito hogareño**

El ámbito hogareño se define como el área en la cual un animal desarrolla todas actividades diarias (Burt, 1943). Existen pocos estudios publicados sobre ámbito hogareño de Anguidos y no hay reportes sobre este tema en *G. infernalis*. En este estudio el ámbito hogareño de esta especie tuvo un promedio de 1848.67 m<sup>2</sup> para machos y 967.83 m<sup>2</sup> para hembras en la época reproductora, pero a pesar de que el

ámbito hogareño de los machos en esta época fue casi el doble que el de las hembras, la diferencia no fue estadísticamente significativa. No obstante, existe una tendencia a que los machos presenten un área mayor de actividad que no se puede ignorar. Incrementando el tamaño de muestra para ambos sexos es probable que se manifieste esa diferencia estadísticamente significativa.

El ámbito hogareño de lagartijas está influido por: a) el tamaño de cuerpo, ya que se ha observado que individuos de mayor tamaño tienen ámbito hogareño más grande (Perry y Garland, 2002; Haenel et al., 2003); b) el sexo, donde se ha observado que los machos presentan ámbito significativamente más grande que las hembras (Rocha, 1999); y c) la dieta (Perry y Garland, 2002) donde se ha registrado que los carnívoros tienen un ámbito hogareño más grande que los omnívoros y a su vez los herbívoros tienen ámbito hogareño más pequeño que los insectívoros (Perry y Garland, 2002). En este estudio se observó que no hay una relación entre el tamaño del individuo y el tamaño del ámbito hogareño.

El tamaño y forma del ámbito hogareño de los machos también es influenciado por el número de hembras con las que los machos interactúan; se ha propuesto que los machos tienen ámbitos hogareños más grandes para tener acceso a un mayor número de hembras (Rocha, 1999; Haenel et al., 2003). En varias especies de lagartijas se ha registrado que los machos tienen un ámbito hogareño más grande que las hembras, esta característica probablemente les permite a los machos traslapar su área de actividad con más hembras, lo cual incrementa la probabilidad de apareamiento (Germano, 2007). Mientras que un traslape de área pequeña puede sugerir que hay exclusión territorial de los individuos (Rose, 1982; Rocha, 1999).

En el caso de la población de *G. infernalis* aquí estudiada, no se observó que a mayor tamaño de ámbito hogareño hubiera un traslape con un mayor número de hembras, por lo que probablemente en esta población se presenta exclusión territorial de los individuos; quizá también sería necesario tener un tamaño de muestra más grande para poder asegurar que a mayor ámbito hogareño hay traslape con un mayor número de hembras. Existen tres tipos de traslape de ámbito hogareño: hembra- hembra, macho-macho y hembra-macho (Haenel et al., 2003; Wone y Beauchamp, 2003). En este estudio el mayor número de traslapes observado fue macho-hembra en la época reproductora, lo cual muestra que los machos incrementan el contacto con las hembras durante la época de reproducción.

Se ha reportado que parejas macho-hembra llegan a compartir áreas similares de actividad, los mismos refugio y los mismos sitios de protección (Kerr y Bull, 2006). En especies de Anguidos se ha observado que existe fidelidad al sitio (Stewart, 1985; Rutherford y Gregory, 2003), aunque esto puede variar entre poblaciones (Vitt, 1973). En esta población de *G. infernalis* se observaron parejas macho-hembra compartiendo por varias semanas el mismo sitio de refugio, aunque no se pudo evaluar la fidelidad del sitio a largo plazo.

En este estudio el tamaño de ámbito hogareño no varió significativamente, ni entre sexos ni entre la época reproductora y no reproductora. En otras especies de lagartijas se ha estimado variación en el ámbito hogareño entre sexos, épocas y en diferentes hábitats. En *Phrynosoma cornutum* los machos se mueven más distancia que las hembras y tienen ámbito hogareño más grande al inicio de la época de reproducción, esto con el objeto de encontrar más hembras receptivas (Stark et al., 2005); En *Phrynosoma mcallii* el tamaño del ámbito hogareño cambia estacionalmente, siendo más



pequeño en verano para estar en mayor proximidad con las parejas reproductoras, mientras que en otoño el área es mayor con la finalidad de obtener reservas para la hibernación (Wone y Beauchamp, 2003). En algunas especies, como *Sceloporus undulatus*, el tamaño y la forma del ámbito hogareño de los machos son establecidos por el número y ubicación de las hembras con las cuales interactúan, siendo de esta manera las hembras el recurso por el cual los machos llegan a tener enfrentamientos, más que por el espacio (Gadsden-Esparza y Aguirre-León, 1993; Haenel et al., 2003). En el caso de la población de *G. infernalis* estudiada, al no haber una diferencia entre el tamaño de ámbito hogareño entre sexos ni entre la época reproductora y no reproductora, es probable que para los machos no sea necesario moverse más distancia para encontrar hembras con las cuales reproducirse.

Con los resultados obtenidos en este estudio podemos sugerir que los individuos de esta población no se desplazan grandes distancias y al parecer no hay una relación entre la longitud corporal y el tamaño de ámbito hogareño de los individuos. Tampoco existe defensa por el territorio, debido a que se observó que durante la época de apareamiento aparentemente los machos no defienden un territorio, sino que prefieren permanecer junto a las hembras y quizá la poca movilidad de los individuos es para evitar ser depredados.

## 10. CONCLUSIONES

La temperatura y la humedad son dos factores importantes que influyen en la actividad de los individuos de *Gerrhonotus infernalis*, los cuales termorregulan variando su actividad durante el día, en las diferentes estaciones del año y en diferentes microhábitats.

En otoño se presentó la mayor actividad de *G. infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque. Su ciclo reproductor es similar al de otras especies de la familia Anguidae y al de especies de zonas templadas, ocurriendo el apareamiento en la época de otoño, la puesta en primavera y la eclosión en verano.

En la población estudiada se registró que existe dimorfismo sexual, los machos presentaron mayores dimensiones de la cabeza y de la longitud hocico-cloaca con respecto a las hembras. Estas características les confieren a los machos ventajas en sus despliegues agonísticos enfocados a incrementar el éxito en la reproducción.

El ámbito hogareño estimado de *G. infernalis* es menor a una hectárea y este no se incrementa durante el periodo reproductor, manteniendo áreas similares machos y hembras a lo largo del año.

Durante el periodo reproductor hay un incremento en la interacción entre hembras y machos ya que es más frecuente observar traslapes macho-hembra, de este modo es posible que localicen más parejas reproductoras.

Este estudio es una importante contribución al conocimiento de la ecología de *G. infernalis* en su hábitat natural y es fundamental para establecer programas de conservación de la especie.

## 11. RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo observado y registrado durante el periodo de este estudio se proponen las siguientes recomendaciones para conocer más sobre la ecología de *Gerrhonotus infernalis*.

- Analizar el patrón de actividad a largo plazo de esta especie en diferentes poblaciones y analizar particularmente la relación entre la temperatura y la humedad del ambiente con respecto a la actividad de los individuos.

- Analizar los patrones de dimorfismo sexual entre diferentes poblaciones y considerando diferentes clases de edad y estados reproductores con la finalidad de conocer si estos son variables.

- Estimar el ámbito hogareño a largo plazo y en un mayor número de individuos para conocer si efectivamente existe fidelidad de los individuos hacia ciertas áreas reducidas de actividad.

## 12. LITERATURA CITADA

Angert, A. L., D. Hutchison, D. Glossip, and J. Losos. 2002. Microhabitat use and thermal biology of the collared lizard (*Crotaphytus collaris collaris*) and the fence lizard (*Sceloporus undulatus hyacinthinus*) in Missouri Glades. *Journal of Herpetology* 36: 23 – 29.

Aguirre, G., G. Adest, and D. Morafka. 1984. Home range and Movement Patterns of the Bolson Tortoise *Gopherus flavomarginatus*. *Acta Zoológica Mexicana* (NS). 1 : 1-28.

Baird, T. A., L. J. Vitt, T. D. Baird, W. E. Cooper, JR., J. P. Caldwell, and V. Pérez-Mellado. 2003. Social behavior and sexual dimorphism in the Bonaire whiptail, *Cnemidophorus murinus* (Squamata: Teiidae): the role of sexual selection. *Canadian Journal of Zoology* 81:1781-1790.

Ballesteros-Barrera C., Martínez-Meyer, and H. Gadsden. 2007. Effects of Land-Cover transformation and climate change on the distribution of two microendemic lizards, Genus *Uma*, of Northern Mexico. *Journal of Herpetology*, 41 (4): 733 – 740.

Banda-Leal, J. 2002. Aspectos ecológicos de la Herpetofauna del Parque Ecológico Chipinque, ubicado en los municipios de Garza García y Monterrey, Nuevo León, México. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Tesis de Licenciatura. 90 p.

Barahav, D. 1975. Movement of the horned lizard *Phrynosoma solare*. *Copeia* 1978: 649 – 657. Cooper, W. E., Jr., and M. J. Whiting. Ambush and active foraging modes both occur in the Scincid Genus *Mabuya*. *Copeia* (1): 112 – 118.

- Barbour, R. W., J. W. Hardin, J. P. Schafer, and M. J. Harvey. 1969. Home range, movements, and activity of the Dusky salamander, *Desmognatus fuscus*. *Copeia* 2:293-297.
- Bickford D., S. D. Howard, J. J. Daniel, and J. A. Sheridan. 2010. Impacts of climate on the amphibians and reptiles of Southeast Asia. *Biodiversity Conservation Biodiversity and Conservation* (2010) 19:1043-1062.
- Blouin-Demers G. y P. J. Weatherhead. 2001. An experimental test of the link between foraging, habitat selection and thermoregulation in black rat snakes *Elaphe obsoleta obsoleta*. *Journal of Animal Ecology* 70: 1006-1013.
- Bowker, R. W. 1988. A comparative behavioral study and taxonomic analysis of Gerrhonotinae lizards. Ph. D. Dissertation, Arizona State University, Tempe, Arizona.
- Brown R. P. and N. Roberts. 2008. Feeding state and selected body temperatures in the slow-worm (*Anguis fragilis*). *Herpetological Journal* 18(2008): 59-62.
- Bujes C. S. and L. Verrastro. 2008. Annual activity of the lizard *Liolaemus occipitalis* (Squamata, Liolaemidae) in the coastal sand dunes of southern Brazil. *Iheringia, Serie Zoology, Porto Alegre*, 98(1): 156-160.
- Bull, C. M. and M. J. Freake. 1999. Home-range fidelity in the Australian sleepy lizard, *Tiliqua rugosa*. *Australian journal of Herpetology* 47:125-132.
- Burt, W. H. 1943. Territoriality and home range concepts applied to mammals. *Journal of Mammalogy* 24: 346 – 352.
- Bustos-Zagal, M. G., F. R. Méndez de la Cruz, R. Castro-Franco, and M. Villagrán-Santa Cruz. 2010. Ciclo reproductor de *Sceloporus ochoterenae* en el estado de Morelos, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 589 – 597.
- Butler, M. A., and J. B. Losos. 2002. Multivariate sexual dimorphism, sexual selection, and adaptation in greater antillean *Anolis* lizards. *Ecological Monographs* 72:541-559.
- Butler, M. A., S. A. Sawyer, and J. B. Losos. 2007. Sexual dimorphism and adaptive radiation in *Anolis* lizards. *Nature* 447:202-205.

Cooke S. J., G. H. Hinch, M. Wikelski, R. D. Andrews, L. J. Kuchel, T. G. Wolcott, and P. J. Butler. 2004. Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *Trends Ecol. Evol.* 19:334–343.

Cooper W. E. 2003. Effect of risk on aspects of escape behavior by a lizard, *Holbrokia propinqua*, in relation to optimal escape theory. *Ethology* 109 (8): 617 – 626.

Cox, R. M., S. L. Skelly, and H. B. John-Alder. 2003. A comparative test of adaptive hypothesis for sexual dimorphism in lizards. *Evolution* 57: 1653-1699.

Díaz J. A., C. Monasterio, and A. Salvador, 2006. Abundance, microhabitat selection and conservation of eyed lizards (*Lacerta lepida*): a radiotelemetric study. *Journal of Zoology* 268: 295 – 301.

Dillon, A., and M. j. Kelly. 2008. Ocelot home range, overlap and density: comparing radio telemetry with camera trapping. *Journal of Zoology* 2008: 1469 – 7998.

Flesch, J. S., M. G. Duncan, J. H. Pascoe, and R. C. Mulley. 2009. A simple method of attaching GPS tracking devices to free-ranging lace monitors (*Varanus varius*). *Herpetol. Cons. Biol.* 4:411–414.

Fitch, H.S. and H.W. Shirer. 1971. A radiotelemetric study of spatial relationships in some common snakes. *Copeia* 1971:118-128.

Formanowicz, D. R., Jr., E. D. Brodie, Jr., and J. A. Campbell. 1990. Intraspecific aggression in *Abronia vasconcelosii* (Sauria, Anguinae) a tropical, arboreal, lizard. *Biotropica* 22:391-396.

Gadsden-Esparza, H. y G. Aguirre-León. 1993. Historia de vida comparada en una población de *Sceloporus undulatus* (Sauria: Iguanidae) del Bolsón de Mapimí". *Bol. Soc. Herpetol. Mex.* 5: 21-41.

Gadsden, H., C. Ballesteros-Barrera, O. Hinojosa de la Garza, G. Castañeda, C. García De la Peña, y J. A. Lemos-Espinal. 2012. Effects of land-cover transformation and climate change on the distribution of two endemic lizards, *Crotaphytus antiquus* and *Sceloporus cyanostictus*, of northern Mexico. *Journal of Arid Environments.* 83:1-9.

Gadsden H., Gil M. R., F. Mendez-de la Cruz., and F. Rodríguez-Romero. 2005. Ciclo reproductor de *Sceloporus poinsettii* Baird y Girard 1852 (Squamata: Phrynosomatidae) en el centro del Desierto Chihuahuense, México.

Gadsden, H., J. L. Estrada-Rodríguez, y S. V. Leyva-Pacheco. 2006. Checklist of amphibians and reptiles of the “Comarca Lagunera” in Durango-Coahuila, Mexico. *Bull. Chicago Herp. Soc.* 41(1): 2-9.

Gadsden, H. and J. L. Estrada-Rodríguez. 2007. Ecology of the spiny lizard *Sceloporus jarrovi* in the Central Chihuahuan Desert. *The Sout Western Naturalist* 52: 604 – 611.

García, E. 1988. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM, 3ª Edición. Pp. 252.

García-De la Peña C., H. Gadsden, A. J. Contreras-Balderas y G. Castañeda. 2007. Ciclos de actividad diaria y estacional de un gremio de saurios en las dunas de Viesca, Coahuila, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78 (2007):141-147.

García-Vazquez U. O., J. L. Aquilar-López, M. Feria-Ortiz y I. Duran-Fuentes. Reporte de una hembra gestante de *Barisia ciliaris* (Smith, 1942). *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 14(2): 45-46.

Germano, J. M. 2007. Movements, home ranges, and capture effect of the endangered Otago skink (*Oligosoma otagense*). *Journal of Herpetology* 41:179-186  
Good, D. A. 1994. Species limits in the genus *Gerrhonotus* (Squamata: Anguidae). *Herpetological Monographs* 1994:180-202.

Goodman, R. M. 2005. Attachment of radio transmitters in a rock Iguana, *Cyclura lewisi*. *Herpetol. Rev.* 36:150–152.

Green, H.W., J. J. Sigala, and B. J. Powell. 2006. Parental behavior in Anguid Lizards. *South American Journal of Herpetology* 1(1): 9-19.

Green, H.W., P. M. Ralidis, and E. Acuña. 2009. Texas Alligator Lizard *Gerrhonotus infernalis* Baird, 1859 “1858”. Page 492-495 in *Lizards of the American Southwest* (Jones Lawrence L. C. and R. E. Lovich, editors). Rio Nuevo Publishers, Tucson Arizona.



Guillete, J. L. and H. M. Smith. 1982. A review of the Mexican lizard *Barisia imbricata*, and the description of a new subspecies. Transactions of the Kansas Academy of Science 85: 13 – 33.

Gutiérrez, A. y A. Ortega. 1985. Comparación de métodos para calcular el área de actividad de *Sceloporus scalaris*. Acta Zoológica Mexicana (ns), 12:1-12.

Halliday, T. R., and P. A. Verrel. 1988. Body size and age in amphibians and reptiles. Journal of Herpetology 22: 253-265.

Haenel, G. J., L. C. Smith, and H. B. John-Alder. 2003. Home-Range analysis in *Sceloporus undulatus* (Eastern fence lizard). I. Spacing patterns and the context of territorial behaviour. Copeia 2003(1):99-112.

Hammerson, G.A., Vazquez Díaz, J., Gadsden, H., Quintero Díaz, G.E., Ponce-Campos, P. and Lavin, P. 2007. *Gerrhonotus infernalis*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>.

Herrel, A., R. Van Damme, and F. de Vree. 1996. Sexual dimorphism of head size in *Podarcis hispanica atrata*: testing the dietary divergence hypothesis by bite force analysis. Netherlands Journal of Zoology 46:253-262.

Herrel, A., L. Spithoven, R. van Damme, and F. de Vree. 1999. Sexual dimorphism of head size in *Gallotia galloti*: testing the niche divergence hypothesis by functional analyses. Functional Ecology 13:289-297.

Huang W. 2006. Ecological characteristics of the skink, *Mabuya longicaudata*, on a tropical East Asian island. Copeia 2006(2):293-300.

Husak J. F., A. K. Lappin, S. F. Fox, and J. A. Lemos-Espinal. 2006. Bite-force performance predicts dominance in male venerable collaris lizards (*Crotaphytus antiquus*). Copeia 2006 (2): 301-306.

Huyghe, K., B. Vanhooydonck, H. Scheers, M. Molina-Borja, and R. Van damme. 2005. Morphology, performance and fighting capacity in male lizards, *Gallotia galloti*. Functional Ecology 19:800-807.

INEGI. 2010. Sistema Geográfico del Estado de Nuevo León. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Johnson, J. B., L. D. McBrayer, and D. Saenz. 2005. Allometry, sexual size dimorphism, and niche partitioning in the Mediterranean gecko (*Hemidactylus turcicus*). *The Southwestern Naturalist* 50:435-439.

Johnston, G., and A. Bouskila. 2007. Sexual dimorphism and ecology of the gecko, *Ptyodactylus guttatus*. *Journal of Herpetology* 41:506-513.

Kerr, G. D., and C. M. Bull. 2006. Exclusive core areas in overlapping ranges of the sleepy lizard, *Tiliqua rugosa*. *Behavioral Ecology* 2006: 380 – 391.

Klukowski, M., Ackerson, B. & Nelson, C.E. (2004) Testosterona and daily activity period in laboratory-housed mountain spiny lizards, *Sceloporus jarrovi*. *Journal of Herpetology* 38, 120–124.

Kristan, D.M. & Hammond, K. Knapp C. R. And J. G. Abarca. 2009. Effects of radio transmitter burdening on locomotor ability and survival of iguana hatchlings. *Herpetologica*, 65 (4): 363- 372.

Knapp, C. R., and A. K. Owens. 2005. An effective new radio-transmitter attachment technique for lizards. *Herpetol. Rev.* 36:264–266.

Lailvaux, S. P., A. Herrel., B. Vanhooydonck, J. J. Meyers, and D. J. Irschick. 2004. Performance capacity, fighting tactics and the evolution of life-stage male morphs in the green anole lizard (*Anolis carolinensis*). *Proceedings Royal Society of London* 271:2501-2508.

Lappin, A. K., and J. F. Husak. 2005. Weapon performance, not size, determines mating success and potential reproductive output in the collared lizard (*Crotaphytus collaris*). *The American Naturalist* 166:426-436.

Lappin, A. K., Y. Brandt, J. F. Husak, J. M. Macedonia, and D. J. Kemp. 2006a. Gaping displays reveal and amplify a mechanically based index of weapon performance. *The American Naturalist* 168:100-113.

Lappin, A. K., P. S. Hamilton, and B. K. Sullivan. 2006b. Bite-force performance and head shape in a sexually dimorphic crevice-dwelling lizard, the common chuckwalla (*Sauromalus ater* (=obesus)). *Biological Journal of the Linnean Society* 88:215-222.

Lavin, P., Quintero Díaz, G.E., Hammerson, G.A., Gadsden, H. & Vazquez Díaz, J. 2007. *Gerrhonotus lugoi*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>.

Lazcano D. Jr., A. Contreras-Arquieta., and M. Nevares de los Reyes. 1993. Notes on Mexican Herpetofauna 3: Reproductive biology of *Gerrhonotus lugoi*, an anguid lizard from the Cuatro Ciénegas Basin, Coahuila, Mexico. *Bulletin of Chicago Herpetological Society*. 28 (12): 263-265.

Liu, P., W. G. Zhao, Z. T. Liu, B. J. Dong, and H. Chen. 2008. Sexual dimorphism and female reproduction in *Lacerta vivipara* in Northeast China. *Asiatic Herpetological Research* 2008:98-104.

Ljubisavljevic, K., L. Polovic, and A. Ivanovic. 2008. Sexual differences in size and shape of the mosor rock lizard (*Dinarolacerta mosorensis* (Kolombatovic, 1886) (Squamata: Lacertidae): a case study of the Lovcen Mountain population (Montenegro). *Archives of Biological Sciences, Belgrade* 60:279-288.

Madrid-Sotelo C. A. And A. García-Aguayo. 2008. A simple method for externally attaching radio-transmitters to snakes. *North Western Journal of Zoology*, 2008:335-338.

Fisher, M., and A. Muth. 1995. A backpack method for mounting radio transmitters to small lizards. *Herpetological Review* 26:139–140.

McBrayer, L. D., and R. A. Anderson. 2007. Sexual size dimorphisms and bite force in the Northern Alligator Lizard, *Elgaria coerulea*. *Journal of Herpetology* 41:554-559.

Molina-Borja, M. 2002. Comportamiento agresivo y selección intrasexual en lagartos. El caso de *Gallotia*. *Revista Española de Herpetología* 2002:39-48.

Molina-Borja, M. 2003. Sexual dimorphism of *Gallotia atlantica atlantica* and *Gallotia atlantica mahoratae* (Lacertidae) from the Eastern Canary Islands. *Journal of Herpetology* 37:769-772.

Molina-Borja, M., and M. A. Rodríguez-Domínguez. 2004. Evolution of biometric and life-history traits in lizards (*Gallotia*) from the Canary Islands. *Journal of Zoology Systematics Evolutionary Research* 42:44-53.

Ord T. J. and D. T. Blumstein, and C. S. Evans. 2002. Ecology and signal evolution in lizards. *Biological Journal of the Linnean Society* 77: 127 - 148.

Pal A., M. M. Swain y S. Rath. Observations on microhabitat use and activity patterns in *Sitana ponticeriana* (Sauria: Agamidae). *Russian Journal of Herpetology*. 17(1):22-30.

Parker W. S. and E. R. Pianka. 1973. Notes on the ecology of the iguanid lizard, *Sceloporus magister*. 29 (2): 143-152.

Parmelee, J. R., and C. Guyer. 1995. Sexual differences in foraging behavior of an anoline Lizard, *Norops humilis*. *Journal of Herpetology* 29:619-621.

Perry G. and T. G., Jr. 2002. Lizard home range revisited: effects of sex, body size, diet, habitat, and phylogeny. *Ecology* 83 (7): 1870 – 1885.

Pianka, E. R. 1971. Comparative ecology of two lizards. *Copeia* 1:129-138.

Pianka E. R. 1993. The many dimensions of a lizard's ecological niche. Chapter 9 (pp. 121 – 154) in E. D. Valakos, W. Bohme, V. Perez-Mellado, and P. Maragou (eds.) *Lacertids of the Mediterranean Basin*. Hellenic Zoological Society. University of Athens, Greece.

Pianka, E. R. and W. S. Parker. 1972. Ecology of the iguanid lizard *Callisaurus draconoides*. *Copeia* 1972: 493 – 508.

Pinto, A.C.S., H.C. Wiederhecker, and G. R. Colli. 2005. Sexual dimorphism in the Neotropical lizard, *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae). *Amphibia-Reptilia* 26:127-137.

Pough F. H., R. M. Andrews, J. E. Cadle, M. L. Crump, A. H. Savitzky, and K. D. Wells 2004. *Herpetology*. Third Edition. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ 07458.

Ramírez-Bautista, A. y N. P. Pavón. 2009. Reproduction in the arboreal spiny lizard. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 553-563.

Richardson, M. L., P. J. Weatherhead, and J. D. Brawn. 2006. Habitat use and activity of prairie kingsnakes (*Lampropeltis calligaster calligaster*) in Illinois. *Journal of Herpetology* 40:423-428.

Rocha C.F.D. 1999. Home range of the tropidurid lizard *Liolaemus lutzae*: sexual and body size differences. *Revista Brasileira de Biologia*, 59(1) 125-130.

Rose, B. 1981. Factors affecting activity in *Sceloporus virgatus*. *Ecology* 62 (3): 706 – 716.

Rose, B. 1982. Lizard home ranges: methodology and functions. *Journal of Herpetology* 3: 253 – 269.

Ruby D. E. 1978. Seasonal changes in the territorial behavior of the iguanid lizard *Sceloporus jarrovi*. *Copeia* 1978:430 – 438.

Rutherford P. L. and P. T. Gregory. 2003. How age, sex, and reproductive condition affect retreat –siteselection and emergence patterns in a temperate-zone lizard, *Elgaria coerulea*. *Ecoscience* 10(1): 24-32.

Rutherford, P. 2004. Proximate mechanisms that contribute to female-biased sexual size dimorphism in an anguid lizard. *Canadian Journal of Zoology* 82:817-822.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*, Limusa, México.

Smith, H. M. 1979. *Handbook of lizards of United States and Canada*. Cornell University Press. Ithaca, USA. 557.

Sokal, R. R., and F. J. Rohlf. 1995. *Biometry*. Second edition. Freeman and Company, New York.

Stark R. C., S. F. Fox, D. M. Leslie JR. 2005. Male Texas horned lizards increase daily movements and area covered in spring: Evidence for mate searching strategy? *Journal of Herpetology* 39:169–173.

Stewart, J. R. 1985. Growth and survivorship in a California population of *Gerrhonotus coerulea*, with comments on intraspecific variation in adult female size. *American Midland Naturalist* 113:30-44.

Uribe-Peña, Z., A. Ramírez-Bautista y G. Casas-Andreu. 1999. Anfibios y reptiles de las serranías del Distrito Federal, México. Cuadernos 32 del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Vanhooydonck B., A., R. Herrel, and R., B. Van Damme. 2007. Interactions between habitat use, behavior, and the thropic niche of lacertid lizards. *Lizard Ecology: The Evolutionary Consequences of Foraging Mode*, S. M. Reilly, L. D. McBrayer and D. B. Miles Eds. Published by Cambridge University Press. Cambridge University Press. Pp 427-449.

Vial, J. L., and J. R. Stewart. 1989. The manifestation and significance of sexual dimorphism in anguid lizards: a case study of *Barisia monticola*. *Canadian Journal of Zoology* 67:68-72.

Vitt, L. J. 1973. Reproductive biology of the anguid lizard, *Gerrhonotus coeruleus principis*. *Herpetologica* 29:176-184.

Vitt L. J., P. A. Zani, J. P. Caldwell, and R. D. Durtsche. 1993. Ecology of the whiptail lizard *Cnemidophorus deppii* on a tropical beach. *Journal Canadian of Zoology* 71(1993): 2391-2400.

Vanhooydonck, B., A. Y. Herrel, R. Van Damme, and D. J. Irschick. 2005. Does dewlap size predict male bite performance in Jamaican *Anolis* lizard? *Functional Ecology* 19:38-42.

Waichman, A. V. 1992. An alphanumeric code for toe clipping amphibians and reptiles. *Herpetological Review* 23:19-21.

Warner, D. A., J. Thomas, and R. Shine. 2006. A simple and reliable method for attaching radio-transmitters to lizards. *Herpetol. Conser. Biol.* 2006:129–131.

Wen-san G. 2006. Ecology and reproductive patterns of the grass lizards, *Takydromus sauteri*, in a tropical rain forest od an Eas Asian Island. *Journal of Herpetology* 40(2): 267 – 273.

Williams, S. C., and L. D. McBrayer. 2007. Selection of microhabitat by the introduced Mediterranean gecko, *Hemidactylus turcicus*: influence of ambient light and distance to refuge. *The Southwestern Naturalist* 52:578-585.

Winne, C. T., and M. B. Keck. 2004. Daily activity patterns of wipthail lizards (Squamata: Teiidae: *Aspidoscelis*): a proximate response to environmental conditions or an endogenous rhythm? *Functional Ecology* 18: 314 – 321.

Wone B, Beauchamp B (2003) Movement, home range, and activity patterns of the horned lizard, *Phrynosoma mcallii*. *Journal Of Herpetology* 37:679-686.

Zug G. R., L. J. Vitt, and J. P. Caldwell. 2001. *Herpetology. An introductory biology of amphibians and reptiles*. Second Edition. Academic Press. United States of America. 630p.

### 13. APÉNDICE

#### **MATERIAL EXAMINADO**

*Gerrhonotus infernalis*. UANL numbers: females: 317, 318, 1616, 1921, 3882, 5734, 5788, 6951, 6960, 7104, 7278, 7283; males: 1809, 1913, 3881, 5532, 5555, 5610, 6232, 6345, 6346, 6961, 6958, 6963, 7106



## 14. RESUMEN BIOGRÁFICO

Margarita García Bastida

Candidata para el grado de

Doctora en Ciencias con especialidad en Recursos Naturales y Manejo de Vida Silvestre

Tesis: ASPECTOS ECOLÓGICOS DE *Gerrhonotus infernalis* EN EL PARQUE ECOLÓGICO CHIPINQUE, MONTERREY, NUEVO LEÓN, MÉXICO.

Campo de estudio: Ecología

Datos personales: Nacida en Toluca, Estado de México, el 12 de junio de 1979. Hija de Juan García Contreras y Teresa Bastida Mejía.

Educación: Egresada de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México, grado obtenido: Licenciada en Biología, y del Programa Multidisciplinario en Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, grado Maestra en Ciencias Ambientales, en el área de Recursos Naturales.

Experiencia profesional: Asistente de investigación Universidad Autónoma de San Luis Potosí, en el Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de Abril a diciembre de 2007. Realizando trabajando en la investigación en anfibios y reptiles desde 2002.

- CROES, S. A., AND R. E. THOMAS. 2000. Freeze tolerance and cryoprotectant synthesis of the Pacific tree frog *Hyla regilla*. *Copeia* 2000:863–868.
- DALÓ, N. L., G. A. BRACHO, AND J. C. PIÑA-CRESPO. 2007. Motor impairment and neuronal damage following hypothermia in tropical amphibians. *Int. J. Exp. Pathol.* 88:1–7.
- DIEHL, K. H., R. HULL, D. MORTON, R. PFISTER, Y. RAHEMAMPANINA, D. SMITH, J. M. VIDAL, AND C. VAN DE VOESTENBOSCH. 2001. A good practise guide to the administration of substances and removal of blood, including routes and volumes. *J. Appl. Toxicol.* 21:15–23.
- DUELLMAN, W. E., AND L. TRUEB. 1986. *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill, New York. 670 pp.
- EDWARDS, J. R., K. L. KOSTER, AND D. L. SWANSON. 2000. Time course for cryoprotectant synthesis in the freeze-tolerant chorus frog, *Pseudacris triseriata*. *Comp. Biochem. Physiol. A* 125:367–375.
- HAWK, C. T., AND S. L. LEARY. 1999. *Formulary for Laboratory Animals*. Iowa State University Press, Ames. 168 pp.
- IRWIN, J. T., AND R. E. LEE. 2003. Geographic variation in energy storage and physiological responses to freezing in the gray treefrogs *Hyla versicolor* and *H. chrysoscelis*. *J. Exp. Biol.* 206:2859–2867.
- JENKINS, J. L., AND D. L. SWANSON. 2005. Liver glycogen, glucose mobilization and freezing survival in chorus frogs, *Pseudacris triseriata*. *J. Therm. Biol.* 30:485–494.
- LAYNE, J. R., AND M. E. RICE. 2003. Postfreeze locomotion performance in wood frogs (*Rana sylvatica*) and spring peepers (*Pseudacris crucifer*). *Can. J. Zool.* 81:2061–2065.
- , AND M. G. SEIPLETON. 2009. Annual variation in glycerol mobilisation and effect of freeze rigor on post-thaw locomotion in the freeze-tolerant frog *Hyla versicolor*. *J. Comp. Physiol. B* 179:215–221.
- LYNCH, K. S., AND W. WILCZYNSKI. 2008. Reproductive hormones modify reception of species-typical communication signals in a female anuran. *Brain Behav. Evol.* 71:143–150.
- MANIERO, G. D., AND C. CAREY. 1997. Changes in selected aspects of immune function in the leopard frog, *Rana pipiens*, associated with exposure to cold. *J. Comp. Physiol. B* 167:256–263.
- MARLER, C. A., AND M. J. RYAN. 1996. Energetic constraints and steroid hormone correlates of male calling behaviour in the tungara frog. *J. Zool.* 240:397–409.
- REXER-HUBER, K. 2009. Freezing frogs: the ecophysiology of winter survival in the brown tree frog, *Litoria ewingii*. MSc Thesis. University of Otago, Dunedin.
- , P. J. BISHOP, AND D. A. WHAMTON. 2011. Skin ice nucleators and glycerol in the freezing-tolerant frog *Litoria ewingii*. *J. Comp. Physiol. B* 181:781–792.
- REYNOLDS, S. J., K. A. CHRISTIAN, AND C. R. TRACY. 2009. Application of a method for obtaining lymph from anuran amphibians. *J. Herpetol.* 43:148–153.
- ROCHA, P. L., AND L. G. S. BRANCO. 1998. Physiological significance of behavioral hypothermia in hypoglycemic frogs (*Rana catesbeiana*). *Comp. Biochem. Physiol. A* 119:957–961.
- STOREY, K. B., AND J. M. STOREY. 1988. Freeze tolerance in animals. *Physiol. Rev.* 68:27–84.
- TYLER, M. J. 1999. Frogs and toads as experimental animals. *ANZCART News* 12:1–4.
- WRIGHT, K. M., AND B. R. WHITAKER. 2001. *Amphibian Medicine and Captive Husbandry*. Krieger Publishing, Malabar, Florida. 499 pp.
- ZIMMERMAN, S. L., J. FRISSE, D. L. GOLDSTEIN, J. WEST, K. RIVERA, AND C. M. KRANE. 2007. Excretion and conservation of glycerol, and expression of aquaporins and glyceroporins, during cold acclimation in Cope's gray tree frog *Hyla chrysoscelis*. *Am. J. Physiol.* 292:R544–R555.

*Herpetological Review*, 2012, 43(3), 410–412.

© 2012 by Society for the Study of Amphibians and Reptiles

## Evaluation of a Simple Method of Externally Attaching Radio-transmitters to the Texas Alligator Lizard, *Gerrhonotus infernalis*

Radio-telemetry has been applied as a tool to study the ecology of a variety of lizards (Fisher and Muth 1995; Germano 2007; Goodman 2005). Different techniques of placing radio-transmitters have been proposed (Fisher and Muth 1995; Goodman 2005; Goodman et al. 2009; Knapp and Owens 2005; Warner et al. 2006), but these techniques are not suitable for all lizards. *Gerrhonotus infernalis* morphology is particularly problematic

because of the slender body, smooth scales, slender and short limbs, and lateral abdominal folds (Smith 1979), making external radio-transmitter attachment difficult. Herein we describe a simple, inexpensive, and suitable technique of attaching transmitters to *G. infernalis* in a controlled situation in the laboratory and under natural field conditions. This technique is adapted from that proposed by Madrid-Sotelo and García-Aguayo (2008) for the snake *Oxybelis aeneus*.

**Materials and methods.**—From November 2008 to May 2009, *Gerrhonotus infernalis* (10 males and 10 females) were captured in Parque Ecológico Chipinque (PECh), part of Parque Nacional Cumbres de Monterrey, Nuevo Leon, Mexico. Lizards were transported to the Laboratory of Herpetology (Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León), placed in individual terrariums (1 x 1 x 1 m) with leaf litter as substratum, and fed every three days on domestic crickets (*Acheta domestica*); water was supplied *ad libitum*, and rocks were provided as refuge sites. Laboratory temperature was maintained from 20–23°C with a 12:12 light-dark cycle.

Each lizard was attached with a radio-transmitter (TXB-003G by Telenax) in a manner similar to that described by Madrid-Sotelo and García-Aguayo (2008) for snakes. Each lizard was

### MARGARITA GARCÍA-BASTIDA\*

Laboratorio de Herpetología, Facultad de Ciencias Biológicas,  
Universidad Autónoma de Nuevo León, A.P. 513, San Nicolás de los Garza,  
Nuevo León, México, C.P. 66450

### CARLOS A. MADRID-SOTELO

Estación Biológica Chamela, Instituto de Biología Universidad Nacional  
Autónoma de México, A.P. 21, San Patricio,  
Melaque La Huerta, 48980 Jalisco, México

### DAVID LAZCANO

Laboratorio de Herpetología, Facultad de Ciencias Biológicas,  
Universidad Autónoma de Nuevo León, A.P. 513, San Nicolás de los Garza,  
Nuevo León, México, C.P. 66450

Corresponding author; e-mail: magaba28@hotmail.com

immobilized by hand, carefully holding the head to avoid bites, and stimulated to inflate the abdomen in order to expand its lateral folds. Immediately, the transmitter was attached onto the lizard's dorsum, 3 cm anterior to the tail base and then wrapped with Micropore® tape (3 cm wide) (Fig. 1) pressing down softly to ensure adhesion to the skin. Unlike Madrid-Sotelo and García-Aguayo (2006), we did not use Tacfil® but rather Micropore® tape, we did not use glue to cover the tape, and we adapted the Micropore® tape to the lizard's folds to avoid abdominal constriction. After attachment, each lizard was returned to the terrarium.

To assess the suitability of the technique, once per day over a month-long period, we registered time of attachment per individual, number of immobile individuals, causes of immobilization, and number of individuals with skin abrasions. Lizard mass ranged from 23.7–53.0 g (mean = 34.6 g); snout-vent length (SVL) ranged from 120–155 mm (mean = 136.6 mm). Once laboratory trials ended, every lizard was released at the site of capture.

From November 2009 to October 2010, *G. infranalis* (13 males and 10 females) were captured in PSCB, attached with radio-transmitters as in the laboratory, and then released at the site of capture. Lizards were relocated 3–4 days per week with a receiver and 3-element Yagi antenna, registering the date and observations on any radio-transmitter attachment difficulties. Lizard mass ranged from 38.0–66.0 g (mean = 44.3 g); SVL ranged from 109–152 mm (mean = 138.9 mm). In both laboratory and natural field condition trials transmitters weighed less than 7.5% of the individual mass, as suggested by Krapp and Abarca (2009) for lizards.

**Results.**—Time of attachment for radio-transmitters in laboratory conditions varied from 1–30 days (mean = 6.5 ± 1.6; N = 20) while under natural field conditions it varied from 1–60 days (mean = 11.8 ± 3.5; N = 20). In the laboratory, 20% of transmitter detachments occurred with shedding. Problems noted were: a) early detachment; b) immobile individuals; c) lizards becoming entangled among vegetation or rocks; d) lizards getting stuck in crevices; and e) presence of skin abrasions (Table 1). Time of attachment in natural field conditions varied throughout the year and was longer during spring and summer (Table 2).

**Discussion.**—The technique we describe herein, similar to that proposed by Madrid-Sotelo and García-Aguayo (2006) for a small and slender snake species, can be adapted to *Gerrhonotus infranalis* because of its morphology. Advantages of the modifications we describe are: the tape can be adjusted to account for an individual lizard's morphology; when detached, transmitters can be recovered and reattached; and method of attachment causes minimal interference on behavior or lizard activity. Some disadvantages we noted were: early transmitter detachment, principally caused by the tape unraveling or by shedding; immobilization of individuals, caused by the adhesion of the hind limbs to the tape; entangled individuals among vegetation or rocks; and the presence of skin abrasions. Madrid-Sotelo and García-Aguayo (2006) and Goodman (2006) reported that this technique did not result in changes in behavior, activity, or health of their study animals. When a lizard was snugged by the presence of the attached transmitter, it was able to get free after less than 10 minutes of struggle, what means the technique caused minimal interference with its activity. We did not see for behavioral differences associated with this transmitter fixation method; however, behavior of test lizards did appear to be normal.

It is important to mention that difficulties presented with the technique were occasional, so we suggest that this technique can be improved covering the tape with glue, as described by

TABLE 1. Difficulties in external attachment technique in *Gerrhonotus infranalis* in laboratory and natural field conditions, number of events (percentage).

Event	Laboratory conditions (N = 20)	Natural field conditions (N = 20)
Immobilized individual limbs	5 (25%)	0
Entangled individuals	3 (15%)	2 (9%)
Stuck individuals in crevice	0	1 (4%)
Presence of skin abrasions	0	1 (4%)

TABLE 2. Seasons, number of individuals with transmitter attached, time of attachment (days, mean ± standard deviation), number of relocations in each season (days, mean ± standard deviation).

Season	Number of individuals M / F	Time period of attachment in days (mean ± SD)	Relocations in days (mean ± SD)
Spring	1 / 5	7–30 (26.0 ± 14.4)	1–16 (9.4 ± 7.3)
Summer	7 / 4	1–60 (14.0 ± 19.0)	1–11 (3.3 ± 3.2)
Fall	2 / 3	3–25 (16.2 ± 9.4)	1–5 (3.4 ± 1.7)
Winter	0 / 1	1–22	1–15



FIG. 1. Attached radio-transmitter on *Gerrhonotus infranalis*.

Madrid-Sotelo and García-Aguayo (2006). This technique seems especially promising during dry weather and in less structurally complex habitats. We suggest that the technique we propose is simple, inexpensive, low-risk, and suitable for species sharing morphological features with *Gerrhonotus infranalis*. It should be applicable in small species, as well as juveniles or neonates, where other techniques are inappropriate.

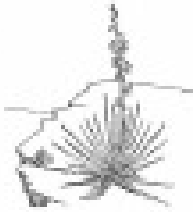
**Acknowledgments.**—We thank the following institutions: Parque Ecológico Chipinque and San Antonio Zoo and Aquarium for financial support to conduct this research, and Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) grant number 146813 to MGR. Collection permits oficio núm. SGPA/DCVS/01353/08, and oficio núm. SGPA/DCVS/02370/09 were issued by the Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). We are grateful to the anonymous reviewers for their help in improving this manuscript.



## Lizards/Crocs

- FURSE, M., and A. MERRIS. 1988. A backpack method for mounting radio transmitters to small lizards. *Herpetol. Rev.* 36:138–140.
- GONZALES, J. M. 2007. Movements, home ranges, and capture effect of the endangered Orago skink (*Mojosaurus orogenus*). *J. Herpetol.* 41:179–186.
- GONZALES, R. M. 2005. Attachment of radio transmitters to a rock iguana, *Cyclura lewini*. *Herpetol. Rev.* 36:150–152.
- , C. R. KRAVE, K. A. BRADLEY, G. R. GOSSEL, and A. C. AUGUSTA. 2009. Review of radio transmitter attachment methods for West Indian rock iguanas (genus *Cyclura*). *Appl. Herpetol.* 2009:151–170.
- KRAVE, C. R., and J. G. ASSACA. 2009. Effects of radio transmitter banding on locomotor ability and survival of iguana hatchlings. *Herpetologica* 65:363–372.
- , and A. K. OWEN. 2005. An effective new radio-transmitter attachment technique for lizards. *Herpetol. Rev.* 36:264–268.
- MARIN-SORIAS, C. A., and A. GARCIA-ARZOB. 2008. A simple method for externally attaching radio-transmitters to snakes. *North Western J. Zool.* 2008:335–338.
- SARRIS, H. M. 1978. *Handbook of Lizards of United States and Canada*. 6<sup>th</sup> ed. Cornell University Press, Ithaca, New York. 557 pp.
- WATSON, D. A., J. THOMAS, and R. SMITH. 2006. A simple and reliable method for attaching radio-transmitters to lizards. *Herpetol. Conserv. Biol.* 2006:129–131.

Manuscript Received: 10/27/2010; Accepted: 2/15/2011



## SouthWestern Association of Naturalists

*Publishers of The Southwestern Naturalist*

Dr. Michael L. Kennedy  
Ecological Research Center  
Department of Biological Sciences  
The University of Memphis, South Campus  
Memphis, TN 38152  
TEL: (901) 678-2597  
FAX: (901) 678-4746  
E-MAIL: [mkenn@memphis.edu](mailto:mkenn@memphis.edu)

12 September 2012

Dr. Margarita García-Bastida  
Laboratorio de Herpetología, Facultad de Ciencias Biológicas  
Universidad Autónoma de Nuevo León  
A.P. 513, San Nicolás de los Garza  
Nuevo León, C.P. 66450, México

Dear Dr. García-Bastida:

Your revision of manuscript FJRR-03, entitled "Sexual dimorphism in the alligator lizard *Gerrhonotus infernalis* (Sauria: Anguillidae): implications for sexual selection," is acceptable for publication in *The Southwestern Naturalist* pending final editing. Attached is a copy of your revision marked with edits for publication. Please look over the edits and provide information asked in the comments. A revised figure in tif or jpg format is needed for publication. Do not send a revised copy of the remainder of the manuscript. Just respond to the edits.

Please return your response as soon as possible, and we will move forward with scheduling your paper for an issue. Currently, the earliest available issue is 58(2), June 2013.

Thank you for your support of *The Southwestern Naturalist*. If you have any questions concerning the edits, please let me know.

Sincerely,

Michael L. Kennedy  
Managing Editor

An International Periodical Promoting Conservation and Biodiversity  
Una Revista Internacional para Fomentar la Conservación y Biodiversidad  
Southwestern United States—México—Central America  
El Suroriente de USA—México—Centroamérica



SEXUAL DIMORPHISM IN THE ALLIGATOR LIZARD *GERRHONOTUS INFERNALIS* (SAURIA: ANGUIDAE): IMPLICATIONS FOR SEXUAL SELECTION

MARGARITA GARCÍA-BASTIDA<sup>\*</sup>, DAVID LAZCANO, LANCE D. MCBRAYER, AND ROBERTO MERCADO-HERNÁNDEZ

*Laboratorio de Herpetología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, A. P. 513, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C. P. 66450 (MGB, DL)*

*Department of Biology, P.O. Box 8042, Georgia Southern University, Statesboro, Georgia 30460-8042 (LDM)*

*Departamento de Ciencias Exactas, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C. P. 66450 (RMH)*

*\* Correspondent: [magaba28@hotmail.com](mailto:magaba28@hotmail.com)*

ABSTRACT--Sexual dimorphism is common in many clades of reptiles. The falso escorpión or Texas alligator lizard (*Gerrhonotus infernalis*) is a lizard distributed in North America, from Texas in the southern United States to the state of San Luis Potosí in central Mexico. Very little data exist on the presence of sexual dimorphism and ecology of this species, particularly in Mexico. In this study we document sexual dimorphism in a population of *Gerrhonotus infernalis* at Parque Ecológico Chipinque, Nuevo León, Mexico. We evaluated 12 morphological and one meristic character on 102 specimens. There were significant differences in the dimensions of the head and body, showing that there is sexual dimorphism in *G. infernalis*. Males showed positive allometry in cranial dimensions, while females showed isometric growth. Males had more bite marks, suggesting agonistic behavior in this species. This population of *G. infernalis* presents sexual dimorphism in body size and dimensions of the head, and this is likely a consequence of intrasexual selection.

RESUMEN--El dimorfismo sexual es común en varios taxones de reptiles. El falso escorpión o Texas alligator lizard (*Gerrhonotus infernalis*) es una lagartija que se distribuye en el norte de América, desde Texas en el sur de Estados Unidos de América, hasta el estado de San Luis Potosí, en el centro de México. Existe poca información sobre el dimorfismo sexual y la ecología de esta especie, particularmente en México. En este estudio documentamos el dimorfismo sexual en una población de *Gerrhonotus infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque, Monterrey, Nuevo León, Mexico. Evaluamos 12 caracteres morfológicos y uno merístico en 102 especímenes. Hubo diferencias significativas en las dimensiones de la cabeza y del cuerpo, evidenciando la existencia de dimorfismo sexual en *G. infernalis*. El patrón de crecimiento fue alométricamente positivo en los machos e isométrico en las hembras. En los machos se registró un número mayor de marcas de mordidas, sugiriendo que existe conducta agonista en esta especie. Existe dimorfismo sexual en el tamaño del cuerpo y las dimensiones de la cabeza de *G. infernalis* en la población estudiada y probablemente dicho dimorfismo es consecuencia de la selección intrasexual.

Sexual dimorphism is common in vertebrates and is frequently found in lizards (Butler and Losos, 2002; Molina-Borja, 2003; Butler et al., 2007; Kaliontzopoulou et al., 2007). Sexual dimorphism is expressed in morphological characteristics such as snout-vent length (Johnston and Bouskila, 2007; McBrayer and Anderson, 2007), limb length (Baird et al., 2003; Molina-Borja, 2003; Johnston and Bouskila, 2007; Ljubisavljevic et al., 2008), body weight (Molina-Borja, 2003; Johnston and Bouskila, 2007), color (Baird et al., 2003; Johnston and Bouskila, 2007), and head dimensions (Herrel et al., 1996; Johnson et al., 2005; Husak et al., 2006; McBrayer and Anderson, 2007). Sexual dimorphism also is seen in ecological characteristics such as foraging (Parmelee and Guyer, 1995; Perry, 1996); social behavior (Molina-Borja, 2002; Baird et al., 2003) and microhabitat selection (Butler et al., 2007; Williams and McBrayer, 2007).

The principal causes of sexual dimorphism in lizards are often hypothesized to be related to sexual selection, niche segregation, and nonadaptive processes related to behavioral or physiological differences between the sexes (Butler and Losos, 2002; Cox et al., 2003; Molina-Borja and Rodríguez-Domínguez, 2004). Sexual selection may generate dimorphisms as a consequence of intrasexual and intersexual competition whereby a reproductive advantage is gained by one sex. For example, males may increase fighting ability by attaining greater body size or weaponry used in male-male combat. Presumably, winners of these combative encounters have increased access to mates, and these males would have a fitness advantage over smaller males, or males with smaller weapons (e.g., jaws; Lailvaux et al., 2004; Lappin and Husak, 2005). Sexual dimorphism also may evolve to decrease niche overlap. Many species are known to segregate important resources such as preferred prey or microsite occupancy in order to optimize individual resource use (Butler et al., 2007). Finally, sexual dimorphism may evolve as a byproduct of other behavioral or physiological processes such as differential growth patterns or longevity (Stewart, 1985; Johnson et al., 2005; McBrayer and Anderson, 2007; Ljubisavljevic et al., 2008).

Within genera or other lower taxonomic groups, sexual dimorphism can manifest itself in varying degrees in different characteristics (Molina-Borja, 2003; Butler et al., 2007). In anguid lizards (*Barisia* and *Elgaria*), sexual dimorphism is present in head size and body size (i.e., snout-vent length; Vial and Stewart, 1989; Rutherford, 2004; McBrayer and Anderson, 2007). Stewart (1985) found annual variation in the degree of sexual dimorphism in *Elgaria coerulea*. Such variation could be due to year-to-year climatic and ecological conditions at particular study sites (e.g., temperature, rain, prey abundance, etc.; Schäuble, 2004). Therefore when assessing the presence and magnitude of sexual dimorphism, many extrinsic (e.g., temperature, precipitation, and humidity) and intrinsic (e.g., physiologic and genetic) factors must be considered.

*Gerrhonotus infernalis* is commonly known as falso escorpión or Texas alligator lizard; it is distributed in North America from central to western Texas in the United States through Coahuila, entering into Nuevo Leon, Tamaulipas, and north of San Luis Potosí in México (Smith, 1979; Good, 1994). It is most often found in humid, shady, rocky areas. It is a relatively large lizard (180–200 mm snout-vent length; SVL), with short limbs and small claws. Males seem to have larger heads than do females of the same size. Adults can be found throughout the year but are less active during hot and cold months (summer and winter; Greene et al., 2009).

Like other anguid lizards (Smith, 1979), *G. infernalis* is a secretive species in temperament and can be found moving slowly on leaf litter or hidden under rocks. Due

to their secretive habits, insufficient information exists on the ecology, natural history, and potential for sexual dimorphism in this species, especially in the Mexican portion of its distribution. The objective of this study was to evaluate the sexual dimorphism of *G. infernalis* in morphological traits and to compare these data with those from other lizards to examine patterns of sexual dimorphism.

**MATERIALS AND METHODS**--We conducted this study in Parque Ecológico Chipinque (25°33'–25°35'N, 100°18'–100°24'W), in the municipalities of Monterrey and San Pedro Garza García in the state of Nuevo León, Mexico. The park occupies 1,791 ha of a protected area, “Parque Nacional Cumbres,” within the Sierra Madre Oriental mountain range; elevation is between 600 and 1,200 m at Chipinque. The climate at Chipinque is semidry (300–500 mm annual precipitation) with a noticeable rainy season in the summer. The average annual temperature ranges from 18–22°C (García, 1981). Five different vegetation types are present at Chipinque: oak; oak-pine; pine-oak forest; mountain scrub; desert scrub (Cetenal, in litt; Detenal, in litt).

From April 2008–December 2009, we captured 89 specimens of *G. infernalis* by hand or noose, along various footpaths at Chipinque. To reduce the minimum size difference between males and females, we retained only individuals >100 mm SVL (adults). We determined sex by eversion of hemipenes. We marked each individual by toe-clipping (Waichman, 1992) to ensure no recapture was included. All lizards were released at the site of capture after all data were gathered. To include measurements from other years, we examined 13 specimens (3 males, 10 females) from the Herpetological Collection of the Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) collected in previous years at Chipinque: females 317, 318, 1616, 1921, 3882, 5734, 5788, 6951, 6960, 7104; males 1809, 3881, 6232. Data from field and museum specimens were included in the statistical analysis.

To assess the existence of sexual dimorphism in the population at Chipinque, we measured the following traits on each individual: snout-vent length (SVL, from the tip of the snout to the posterior margin of the anal scale); head length (HL, from the tip of the snout to the posterior margin of the ear); head width (HW, maximum head width); head height (HH, maximum head height); right forelimb length (RFL, from the forelimb armpit to the wrist); right hindlimb length (RHLL, from the hindlimb axilla to the ankle); fourth toe length on the right forelimb (RFFTL); fourth toe length on the right hindlimb (RHFTL); trunk length (TrL, the distance from the posterior margin of the forelimb insertion to the anterior margin of the hindlimb insertion); tail length (TL, from the posterior margin of the anal scale to the tip of the tail); tail width (TW, immediately posterior to anal scale). These measurements were taken with a vernier caliper (0.01-mm precision). Total weight was measured with a Pesola spring scale (0.5-g precision). We quantified only one meristic character, the number of transverse dorsal lines (TDL). We also counted bite marks present on each live individual and classified them as bites (teeth lines were easily observed), scars (defined by the presence of regenerated tissue), or wounds (defined by the presence of blood).

*Statistical analysis*—To determine if the number of males was equal to the number of females in this population, we used chi-square analysis. Because males and females appeared to be visually different in body size, we size-adjusted all morphological data by regressing each variable on SVL and collecting the residuals. We



performed a principal component analysis (PCA) on the body-size-corrected residuals to explore which variables were most influential in shaping the variation in body shape between males and females. By interpreting the loadings of each variable on each principal component axis, we selected four variables upon which to test specific hypotheses of male-female differences in morphology.

We examined variation between male and female morphological characteristics using one-way analysis of variance (ANOVA's). To evaluate possible differences between head dimensions and body length between the sexes, we performed an analysis of covariance (ANCOVA; covariate = SVL; Sokal and Rohlf, 1995). To evaluate male and female differences in head dimensions, we performed a reduced-major-axis regression (RMA; Sokal and Rohlf, 1995). Each linear head dimension (HL, HW, and HH) was entered as a dependent variable and SVL as the independent variable. The null hypothesis of the isometry was supported if the 95% confidence intervals encompassed a slope of 1.0. Positive allometry was interpreted as slopes (and confidence intervals) >1.0. Slopes and confidence intervals <1.0 were interpreted as negative allometry. To evaluate whether the frequency of bites and scars on males and females was equal, we performed chi-square analysis.

Except for chi-square tests, all variables were  $\log_{10}$  transformed prior to analysis. All statistical analyses were performed using SPSS 17.0 software.

**RESULTS--** The sex ratio of males to females was 1.6:1 which was significantly different from 1:1 ( $\chi^2_{(0.05, 1)} = 5.94, P = 0.015$ ). We measured a total of 59 males and 43 females. In general, males were larger than females (Table 1). The eigenvalues from PCA indicated that trunk length and the three head variables were important in shaping PC axes 1 and 2 (Table 2). Trunk length loaded the negative end of PC1, while head length loaded heavily on the positive end of PC1. Thus, individuals with long trunks loaded the negative end of the axis whereas individuals with long heads loaded the positive end. Each head variable (length, width, and height) was important in shaping PC2; males tended to have lower scores for each head variable and, thus, were shifted toward the negative end of PC 2. Only limb measurements showed high eigenvalues for PC3, indicating that variation in neither forelimb length nor hindlimb length contributes substantially to variation in body shape.

Females exhibited a negative allometric growth pattern for HL but presented isometric growth for HW and HH. Males exhibited isometric growth for HL and positive allometric growth for HW and HH (Table 3). ANOVA showed significant differences in the subset of variables selected from the results of PCA. Males were larger in SVL and head dimensions (SVL,  $F_{1,100} = 4.85, P = 0.030$ ; HL,  $F_{1,100} = 13.41, P = 0.000$ ; HW,  $F_{1,100} = 28.00, P = 0.000$ ; HH,  $F_{1,100} = 46.90, P = 0.000$ ). ANCOVA revealed that males had greater head dimensions with respect to body size than did females of the same size ( $F_{3,97} = 8.37, P = 0.006$ ). The effect of the sex was significant for head width and head height but not for head length (Fig. 1).

A total of 141 bites was counted on 39 of the 43 males (one to 13 per individual). A total of 23 scars was counted on 16 of the 43 males (range of one to three per individual), and on nine males, a total of 11 wounds was counted (range of one to two per individual). A total of 50 bites was counted on 21 of the 59 females (range of one to nine bites per individual). On nine females, there were 17 scars (range of one to five per

individual). No female had wounds. The frequency of bites and scars differed significantly by sex ( $\chi^2_{(0.05, 2)} = 8.813, P = 0.012$ ).

DISCUSSION--Sexual dimorphism is common in lizards, although variation exists among different taxa (Molina-Borja, 2003; Butler et al., 2007). In our study, we show that *G. infernalis* exhibits sexual dimorphism at Chipinque; males possessed larger heads and body dimensions than did females. Males were heavier than females as well. In many anguid species, sexual dimorphism in head morphology has been related to combat or mating. In *Elgaria coerulea*, males have higher heads than do females (McBrayer and Anderson, 2007), but females had greater SVL than did males (Stewart, 1985; Rutherford, 2004; McBrayer and Anderson, 2007). In *Barisia monticola*, males have higher, longer, and wider heads than do females (Vial and Stewart, 1989). For *B. monticola* (Vial and Stewart, 1989) and *E. coerulea* (McBrayer and Anderson, 2007), it has been suggested that males with bigger heads have advantages in combat or copulation rituals, because the head plays a pivot role in both behaviors (Bowker, 1988; Formanowicz et al., 1990). In many species of lizards, the characteristics that determine sexual dimorphism are head dimensions and body size (Pinto et al., 2005). Head dimensions have been suggested to be more important than limb size in certain performance attributes (Huyghe et al., 2005).

The presence of bites is associated with agonistic behavior. In *Abronia vasconcelosii*, nine aggressive, interspecific and intraspecific behavior patterns have been recorded. Bites between males are more frequent than those between males and females. Interestingly, neither body size nor residency status influenced the frequency of these behavioral patterns (Formanowicz et al., 1990). Hence, this finding suggests that combat is not related to territoriality in this species. In natural field conditions, we observed combat lasting 2-4 min for two pairs of *G. infernalis*; one male-male; in the other, we could only determine that one individual was a male. In both, the first individual was subjugating the second individual with a bite on the neck, without releasing. After various strangling movements, the individual being bitten escaped. The winning individual left bite marks on the losing individual, and blood was apparent at the wounds. These events and the variation in the frequency of bites, scars, and wounds between sexes in *G. infernalis* are likely the consequence of agonistic behavior among males (Bowker, 1988; Formanowicz et al., 1990; McBrayer and Anderson, 2007), suggesting this is one of the origins of sexual dimorphism in *G. infernalis*.

Sexual dimorphism in head dimensions can lead to sexual differences in bite force (Herrel et al., 1996; Herrel et al., 1999; Husak et al., 2006; Lappin et al., 2006a, 2006b; McBrayer and Anderson, 2007). This is likely due to increased size, orientation, or both of jaw musculature (Herrel et al., 1996). It is suggested that larger head size in males provides an advantage in male-male combat or during copulations with females (Herrel et al., 1996; Herrel et al., 1999; Husak et al., 2006). Sexual dimorphism often favors larger males or larger weapons (Cox et al., 2003; Lappin et al., 2006a) in species that present aggressive and territorial behavior because both are advantageous during combat (Husak et al., 2006). Sexual dimorphism may be generated by differential mating success of the larger males, or males with larger and stronger (or both) heads (i.e., weapons; Lailvaux et al., 2004). Intrasexual selection likely directs evolution toward exaggerated, or performance-enhancing, structures like heads of males because

these yield advantages in agonistic encounters while establishing and maintaining territories or in securing mates (Herrel et al., 1996; Lappin and Husak, 2005; Lappin et al., 2006b).

It is suggested that larger heads in males also provide an advantage during copulation with females (Herrel et al., 1996; Herrel et al., 1999; Husak et al., 2006); bigger heads and the presence of bite marks have been associated with mating in which males mouth-grip females during copulation (Bowker, 1988; Formanowicz et al., 1990; McBrayer and Anderson, 2007). We did not test this hypothesis directly, but the presence of bites and scars and the lack of wounds in females may be the result of males biting females during copulation, which suggests that intersexual competition could promote sexual dimorphism in this species.

Many species are known to segregate important resources such as preferred prey or microsite occupancy to optimize use of resources by individuals (Butler et al., 2007). It has been proposed that cranial morphology may be related to diet (Herrel, 1996; Husak et al., 2006). Although we did not specifically test this hypothesis, variation in diet also could provide a sufficient selection pressure to affect the evolution of the head in male and female *G. infernalis*.

Differential growth patterns also have been proposed as a possible mechanism to explain sexual dimorphism. Differential growth patterns arise as a consequence of nonadaptive processes between sexes (Johnson et al., 2005; Ljubisavljevic et al., 2008). For example, at sexual maturity, females invest substantial energy into reproduction rather than additional growth (Liu et al., 2008). If so, we might expect females to exhibit isometric or negatively allometric growth in body regions not associated with reproduction (e.g., weapons like the head). Several important allometric differences were observed in *G. infernalis*; females were generally negatively allometric or isometric, and males were isometric or positively allometric in head dimensions (Table 3). This result, plus the presence of male-male combat, supports the idea that the cause of sexual dimorphism is male-male combat rather than differential growth. If differential growth were the sole cause, we would not expect males to show positive allometry in their fighting structures.

It is often difficult to exclude the possibility that differential growth patterns might contribute to the generation or maintenance of sexually dimorphic characteristics. Differential growth is frequently present in lizards (Butler and Losos, 2002; Cox et al., 2003; Molina-Borja and Rodríguez-Domínguez, 2004). In our study, we found the same differential growth pattern as in *Hemidactylus turcicus* (Johnson et al., 2005) and *Dinarolacerta mosorensis* (Ljubisavljevic et al., 2008). These growth patterns are probably common in lizards. Here, the differences in head dimensions were considerable; on average, HW in males was 16% greater than that in females, and HH in males was 20% greater than that in females. The magnitudes of these differences are unlikely to have evolved solely by differential growth. It is impossible to know if such differences arose by differential growth, but it seems likely that selection would be required to generate such large differences in male and female morphologies. Hence, we conclude that sexual dimorphism in this population is most likely the result of sexual selection on structures that enhance male-male combat. However, studies examining courtship and copulation behavior are needed to verify this conclusion. Like most studies, we cannot refute the possibility that mating and nonadaptive processes, such as differential growth, may have been involved in the origin of sexually selected traits. In

addition to courtship behavior, future research should focus on quantifying the degree of sexual dimorphism in this and other populations of *G. infernalis* and in additional anguid species. This will allow us to understand the role of ecological versus phylogenetic contributions toward dimorphic traits and how they are maintained.

We would like to thank Parque Ecológico Chipinque and San Antonio Zoo and Aquarium for financial support to conduct this research. This research also was supported by Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) grant number 190512 to MGB. Collection permits OFICIO NÚM. SGPA/DGVS/01253/08 and OFICIO NÚM. SGPA/DGVS/02370/09 were issued by the Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

#### LITERATURE CITED

- BAIRD, T. A., L. J. VITT, T. D. BAIRD, W. E. COOPER, JR., J. P. CALDWELL, AND V. PÉREZ-MELLADO. 2003. Social behavior and sexual dimorphism in the Bonaire whiptail, *Cnemidophorus murinus* (Squamata: Teiidae): the role of sexual selection. *Canadian Journal of Zoology* 81:1781-1790.
- BOWKER, R. W. 1988. A comparative behavioral study and taxonomic analysis of Gerrhonotine lizards. Ph. D. Dissertation, Arizona State University, Tempe, Arizona.
- BUTLER, M. A., AND J. B. LOSOS. 2002. Multivariate sexual dimorphism, sexual selection, and adaptation in greater antillean *Anolis* lizards. *Ecological Monographs* 72:541-559.
- BUTLER, M. A., S. A. SAWYER, AND J. B. LOSOS. 2007. Sexual dimorphism and adaptive radiation in *Anolis* lizards. *Nature* 447:202-205.
- COX, R. M., S. L. SKELLY, AND H. B. JOHN-ALDER. 2003. A comparative test of adaptive hypothesis for sexual dimorphism in lizards. *Evolution* 57:1653-1699.
- FORMANOWICZ, D. R., JR., E. D. BRODIE, JR., AND J. A. CAMPBELL. 1990. Intraspecific aggression in *Abronia vasconcelosii* (Sauria, Anguidae) a tropical, arboreal, lizard. *Biotropica* 22:391-396.
- GARCÍA, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- GOOD, D. A. 1994. Species limits in the genus *Gerrhonotus* (Squamata: Anguidae). *Herpetological Monographs* 1994:180-202.
- GREENE, H. W., P. M. RALIDIS, AND E. ACUÑA. 2009. Texas Alligator Lizard *Gerrhonotus infernalis* Baird, 1859 "1858." Pages 492-495 in *Lizards of the*

American Southwest (Lawrence C. Jones and R. E. Lovich, editors). Rio Nuevo Publishers, Tucson, Arizona.

- HERREL, A., R. VAN DAMME, AND F. DE VREE. 1996. Sexual dimorphism of head size in *Podarcis hispanica atrata*: testing the dietary divergence hypothesis by bite force analysis. *Netherlands Journal of Zoology* 46:253-262.
- HERREL, A., L. SPITHOVEN, R. VAN DAMME, AND F. DE VREE. 1999. Sexual dimorphism of head size in *Gallotia galloti*: testing the niche divergence hypothesis by functional analyses. *Functional Ecology* 13:289-297.
- HUSAK, J. F., A. K. LAPPIN, S. F. FOX, AND J. A. LEMOS-ESPINAL. 2006. Bite-force performance predicts dominance in male venerable collared lizard (*Crotaphytus antiquus*). *Copeia* 2006:301-306.
- HUYGHE, K., B. VANHOODYDONCK, H. SCHEERS, M. MOLINA-BORJA, AND R. VAN DAMME. 2005. Morphology, performance and fighting capacity in male lizards, *Gallotia galloti*. *Functional Ecology* 19:800-807.
- JOHNSON, J. B., L. D. MCBRAYER, AND D. SAENZ. 2005. Allometry, sexual size dimorphism, and niche partitioning in the Mediterranean gecko (*Hemidactylus turcicus*). *Southwestern Naturalist* 50:435-439.
- JOHNSTON, G., AND A. BOUSKILA. 2007. Sexual dimorphism and ecology of the gecko, *Ptyodactylus guttatus*. *Journal of Herpetology* 41:506-513.
- KALIONTZOPOULOU, A., M. A. CARRETERO, AND G. A. LLORENTE. 2007. Multivariate and geometric morphometrics in the analysis of sexual dimorphism variation in *Podarcis* Lizards. *Journal of Morphology* 268:152-165.
- LAILVAUX, S. P., A. HERREL., B. VANHOODYDONCK, J. J. MEYERS, AND D. J. IRSCHICK. 2004. Performance capacity, fighting tactics and the evolution of life-stage male morphs in the green anole lizard (*Anolis carolinensis*). *Proceedings Royal Society of London* 271:2501-2508.
- LAPPIN, A. K., AND J. F. HUSAK. 2005. Weapon performance, not size, determines mating success and potential reproductive output in the collared lizard (*Crotaphytus collaris*). *American Naturalist* 166:426-436.
- LAPPIN, A. K., Y. BRANDT, J. F. HUSAK, J. M. MACEDONIA, AND D. J. KEMP. 2006a. Gaping displays reveal and amplify a mechanically based index of weapon performance. *American Naturalist* 168:100-113.
- LAPPIN, A. K., P. S. HAMILTON, AND B. K. SULLIVAN. 2006b. Bite-force performance and head shape in a sexually dimorphic crevice-dwelling lizard, the common chuckwalla (*Sauromalus ater* (=obesus)). *Biological Journal of the Linnean Society* 88:215-222.

- LIU, P., W. G. ZHAO, Z. T. LIU, B. J. DONG, AND H. CHEN. 2008. Sexual dimorphism and female reproduction in *Lacerta vivipara* in Northeast China. *Asiatic Herpetological Research* 2008:98-104.
- LJUBISAVLJEVIC, K., L. POLOVIC, AND A. IVANOVIC. 2008. Sexual differences in size and shape of the mosor rock lizard (*Dinarolacerta mosorensis* (Kolombatovic, 1886) (Squamata: Lacertidae): a case study of the Lovcen Mountain population (Montenegro). *Archives of Biological Sciences, Belgrade* 60:279-288.
- MCBRAYER, L. D., AND R. A. ANDERSON. 2007. Sexual size dimorphisms and bite force in the Northern Alligator Lizard, *Elgaria coerulea*. *Journal of Herpetology* 41:554-559.
- MOLINA-BORJA, M. 2002. Comportamiento agresivo y selección intrasexual en lagartos. El caso de *Gallotia*. *Revista Española de Herpetología* 2002:39-48.
- MOLINA-BORJA, M. 2003. Sexual dimorphism of *Gallotia atlantica atlantica* and *Gallotia atlantica mahoratae* (Lacertidae) from the Eastern Canary Islands. *Journal of Herpetology* 37:769-772.
- MOLINA-BORJA, M., AND M. A. RODRÍGUEZ-DOMÍNGUEZ. 2004. Evolution of biometric and life-history traits in lizards (*Gallotia*) from the Canary Islands. *Journal of Zoology Systematics Evolutionary Research* 42:44-53.
- PARMELEE, J. R., AND C. GUYER. 1995. Sexual differences in foraging behavior of an anoline Lizard, *Norops humilis*. *Journal of Herpetology* 29:619-621.
- PERRY, G. 1996. The evolution of sexual dimorphism in the lizard *Anolis polylepis* (Iguania): evidence from intraespecific variation in foraging behavior and diet. *Canadian Journal of Zoology* 74:1238-1245.
- PINTO, A. C. S., H. C. WIEDERHECKER, AND G. R. COLLI. 2005. Sexual dimorphism in the Neotropical lizard, *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae). *Amphibia-Reptilia* 26:127-137.
- RUTHERFORD, P. 2004. Proximate mechanisms that contribute to female-biased sexual size dimorphism in an anguid lizard. *Canadian Journal of Zoology* 82:817-822.
- SCHÄUBLE, C. S. 2004. Variation in body size and sexual dimorphism across geographical and environmental space in the frogs *Limnodynastes tasmaniensis* and *L. peronii*. *Biological Journal of the Linnean Society* 82:39-56.
- SMITH, H. M. 1979. *Handbook of lizards of United States and Canada*. Cornell University Press, Ithaca, New York.

- SOKAL, R. R., AND F. J. ROHLF. 1995. Biometry. Second edition. Freeman and Company, New York.
- STEWART, J. R. 1985. Growth and survivorship in a California population of *Gerrhonotus coerulea*, with comments on intraspecific variation in adult female size. American Midland Naturalist 113:30-44.
- VIAL, J. L., AND J. R. STEWART. 1989. The manifestation and significance of sexual dimorphism in anguid lizards: a case study of *Barisia monticola*. Canadian Journal of Zoology 67:68-72.
- WAICHMAN, A. V. 1992. An alphanumeric code for toe clipping amphibians and reptiles. Herpetological Review 23:19-21.
- WILLIAMS, S. C., AND L. D. MCBRAYER. 2007. Selection of microhabitat by the introduced Mediterranean gecko, *Hemidactylus turcicus*: influence of ambient light and distance to refuge. Southwestern Naturalist 52:578-585.

Table 1--Mean ( $\pm 1SE$ ), range, and sample size of each morphological variable (millimeters) in *Gerrhonotus infernalis*. M = males, F = females (field and museum specimens). Abbreviations for variables are defined in the text.

Variable	Mean $\pm 1 SE$		Minimum		Maximum		<i>n</i>	
	M	F	M	F	M	F	M	F
SVL	132.89 $\pm$ 1.57	127.66 $\pm$ 1.67	104.50	102.80	155.00	158.00	59	43
HL	31.16 $\pm$ 0.60	27.84 $\pm$ 0.44	18.00	21.30	40.00	33.00	59	43
HW	20.07 $\pm$ 0.44	16.91 $\pm$ 0.34	13.50	11.60	29.00	21.50	59	43
HH	13.94 $\pm$ 0.30	11.14 $\pm$ 0.25	10.00	7.30	19.00	16.00	59	43
RFL	22.95 $\pm$ 0.35	21.72 $\pm$ 0.25	16.00	17.60	30.00	26.40	59	43
RHLL	25.80 $\pm$ 0.27	24.79 $\pm$ 0.35	20.50	21.00	31.10	29.80	59	43
RFFTL	8.32 $\pm$ 0.12	7.92 $\pm$ 0.14	6.50	6.50	10.50	10.00	59	42
RHFTL	9.93 $\pm$ 0.14	9.38 $\pm$ 0.17	7.20	7.10	13.00	11.80	59	42
TrL	72.75 $\pm$ 0.90	70.91 $\pm$ 1.14	58.50	59.00	87.60	93.50	59	43
TL	237.87 $\pm$ 7.50	228.28 $\pm$ 7.39	99.00	126.00	298.00	281.00	24	22
TW	9.45 $\pm$ 0.16	10.15 $\pm$ 0.35	7.00	7.50	12.30	18.00	59	43
Weight	35.44 $\pm$ 1.36	30.35 $\pm$ 1.41	17.00	17.00	58.00	52.00	56	33
TDL	8.07 $\pm$ 0.12	8.27 $\pm$ 0.15	6.00	7.00	10.00	10.00	56	33

Table 2--Eigenvalues for the first three principal components from principal component analysis of nine morphological variables for male and female *Gerrhonotus infernalis*. Abbreviations for variables are defined in the text.

Variable/parameter	Principal component		
	1	2	3
HL	-0.1458	-0.7124	-0.4196
HW	-0.0887	-0.4540	-0.0260
HH	-0.0668	-0.3417	-0.0164
RFL	0.0071	-0.2349	0.6327
RHLL	-0.0275	-0.2444	0.6305
RFFTL	-0.0360	-0.0365	0.0383
RHFTL	-0.0371	-0.0971	0.0936
TrL	-0.9805	0.1842	0.0436
TW	-0.0365	-0.0986	0.1128
Percentage of variance explained	30.78	15.99	4.69



Table 3—Results of reduced-major-axis regression (RMA) for growth patterns in head length, head width, and head height of male and female *Gerrhonotus infernalis*.

Parameter	Mean $\pm$ 1 SE	Slope	Confidence interval	Correlation coefficient	Allometry
Head length					
Males	31.16 $\pm$ 4.61	1.263	0.924–1.601	0.495	Isometric
Females	27.84 $\pm$ 0.44	0.570	0.219–0.921	0.208	Negative
Head width					
Males	20.07 $\pm$ 3.39	1.463	1.166–1.760	0.630	Positive
Females	16.91 $\pm$ 0.34	0.985	0.593–1.377	0.386	Isometric
Head height					
Males	13.94 $\pm$ 2.33	1.404	1.080–1.719	0.583	Positive
Females	11.14 $\pm$ 0.25	0.524	0.012–1.037	0.094	Isometric

Fig. 1-- Relationship between head width and snout-vent length a) and between head height and snout-vent length b) in male ( $\blacktriangle$ ) and female ( $\circ$ ) *Gerrhonotus infernalis*.

