REVISTA IBÉRICA de Aracnología

ARTÍCULO:

Caracterización de las madrigueras de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones: Iuridae) en una localidad de Guerrero, México.

Ana F. Quijano-Ravell, Javier Ponce-Saavedra y Marco A. Villaseñor-Ramos
Laboratorio de Entomología "Biol. Sócrates Cisneros Paz," Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Ciudad Universitaria, 58060 Morelia, Michoacán.
javierpon@gmail.com

Oscar F. Francke
Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado Postal 70-153, 04510 México, D. F.

Revista Ibérica de Aracnología
ISSN: 1576 - 9518.
Dep. Legal: Z-2656-2000.
Vol. **20**
Sección: Artículos y Notas.
Pp: 45−55
Fecha de publicación: 31-Enero-2012

Edita:
Grupo Ibérico de Aracnología (GIA)
Grupo de trabajo en Aracnología de la Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA)
Avda. Radio Juventud, 37
50012 Zaragoza (ESPAÑA)
Tef. 976 324415
Fax. 976 535697
C-elect.: amelic@telefonica.net

Director: Carles Ribera
C-elect.: cribera@ub.edu

Indice, resúmenes, abstracts, vols. publicados:
http://gia.sea-entomologia.org/

Página web GIA:
http://gia.sea-entomologia.org

Página web SEA:
http://www.sea-entomologia.org

ARTÍCULO:

Caracterización de las madrigueras de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones: Iuridae) en una localidad de Guerrero, México.

Ana F. Quijano-Ravell, Oscar F. Francke, Javier Ponce-Saavedra y Marco A. Villaseñor-Ramos

Resumen:

Se presenta un análisis de correlación entre las medidas de anchura máxima de las entradas de las madrigueras de *Hadrurus gertschi* Soleglad 1976 y la longitud del carapacho de los animales que las habitan, para evaluar su posible utilidad como estimadores de la edad del alacrán sin que el mismo sea extraído de su habitáculo. Se encontró alta correlación estadística entre la anchura máxima de la entrada de la madriguera, profundidad y longitud total con respecto a la longitud del carapacho de los alacranes. También se caracterizan 41 madrigueras excavadas en cuanto a las dimensiones de la entrada, forma, profundidad, longitud de los túneles y medidas de la cámara terminal. No se obtuvo evidencia estadística sobre un efecto de la exposición de la ladera sobre la profundidad de las madrigueras. Además se presenta la caracterización del túmulo encontrado en la entrada de las madrigueras activas, en el cual se encontraron partes de la exuvia del alacrán y partes de las presas consumidas por el mismo, entre las que se identificaron restos de hormigas, escarabajos y otros insectos.

Palabras clave. Longitud, profundidad, exposición, túmulo

Characterization of the burrows of *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones: Iuridae) in a locality of Guerrero, Mexico

Abstract:

A Lineal Correlation Analysis for maximum width of the entrance of burrows and the length of the carapace of *Hadrurus gertschi* Soleglad 1976 was made for evaluating its usefulness for estimating the scorpion's age without the need to remove it from its burrow. A statistically significant high correlation was obtained between maximum width of the burrow entrance, depth and the length of the tunnels with the carapace length of the scorpion inhabiting that burrow. A characterization of 41 burrows excavated includes measurements of the entrance, form, depth, and length of the tunnels and the terminal chamber. There was no statistical evidence of an effect of north or south exposure on the depth of the burrows. A characterization of the "tumulus" of active burrows is presented. Parts of exuvia of *Hadrurus gertschi* and remains of ants, beetles and other insects were identified.

Keywords. Length, depth, exposure, tumulus

Introducción

Los escorpiones son arácnidos en su mayoría de hábitos nocturnos que durante el día se ocultan bajo piedras, troncos y grietas o en galerías que cavan ellos mismos en el sustrato; la mayor parte del tiempo se encuentran en sus refugios de donde solo salen para alimentarse y reproducirse (Polis 1990, Warburg y Polis 1990).

A pesar de que los escorpiones no se limitan a las regiones desérticas, por lo general son un elemento importante de la fauna en estas áreas de hábitats calientes y secos. Algunas especies pueden ser exclusivas de cuevas (troglobias); otras pueden ser encontradas en cuevas al igual que en otros hábitats (troglófilas). Los alacranes que viven en madrigueras (fosoriales) por su condición de cavadores, dependen de la granulometría y humedad del suelo, factores que a su vez están asociados a diferentes tipos de clima y vegetación (Polis 1990).

Un elemento llamativo de la fauna de escorpiones en las regiones calientes y secas, es la combinación de las adaptaciones etológicas, morfológicas y fisiológicas a las difíciles condiciones en estos hábitats. La más importante de las adaptaciones de comportamiento es la explotación de los hábitos de excavación y nocturnos, que ofrecen un escape temporal de temperaturas extremas durante el día y de la desecación por el aire en la superficie (Polis 1990).

Se ha observado que los escorpiones son capaces de regular su temperatura a través de los movimientos verticales dentro de la madriguera (Hadley 1970), ya que a escasos 30 cm de profundidad las diferencias de temperatura, humedad así como la circulación de aire, son suficientemente distintas a las condiciones extremas de la superficie, como para permitir que el animal se encuentre confortable en su refugio (Williams 1966). La topografía del terreno y el drenaje pueden ser factores limitantes para la distribución de animales con estos hábitos (Lamoral 1979); sin embargo, se han desarrollado diferentes estrategias adaptativas para contrarrestar el efecto de las altas temperaturas y la desecación en climas semidesérticos y desérticos; por ejemplo, no cavar de día, usar sitios protegidos por rocas o troncos para excavar debajo de ellos o en sitios abiertos hacer madrigueras profundas y en espiral que atrapan de mejor manera el poco vapor de agua de los ambientes desérticos. Estas estrategias son conocidas en varias especies del género *Urodacus* Peters en Australia (Smith 1966, Koch 1978), *Anuroctonus phaeodactylus* (Wood) en California (Williams 1966) y varias especies de *Opisthophthalmus* C. L. Koch en Namibia (Lamoral 1979).

En el género *Hadrurus* Thorell, las ocho especies que lo comprenden son de hábitos fosoriales y raramente vagan lejos de la entrada de su madriguera. En consecuencia, estos escorpiones eran relativamente raros en colecciones antes de que la luz ultravioleta se utilizara como técnica de colecta (Polis 1990, Sissom et al. 1990).

Las madrigueras de los escorpiones en general están conformadas de forma similar, encontrando especies con madrigueras que presentan un túmulo en el área de la entrada y otras en las cuales se pueden diferenciar dos túmulos que dan la apariencia de rodear la entrada, como el caso de *Cheloctonus jonesii* (Pocock). A la entrada le sigue un túnel que en ocasiones se puede prolongar tomando forma de espiral. En la parte final de la madriguera se localiza la "cámara terminal", la cual es la porción más amplia de la madriguera y sirve para que el animal pueda reposar y darse vuelta (Lamoral 1979). Por su hábito excavador muchas especies presentan modificaciones estructurales que les proporcionan mayor ventaja al momento de la excavación. Algunas modificaciones morfológicas que acompañan el hábito de excavar madrigueras profundas se observan en los miembros de los géneros *Scorpio* L., *Cheloctonus* Pocock y *Opisthophthalmus* cuyos miembros exhiben pedipalpos grandes y voluminosos que pueden ser las estructuras más importantes para la excavación como en *C. jonesii* (Harington 1978), pero la tendencia general refleja un papel más importante de los pedipalpos en la captura de presas, el comportamiento de cortejo y funciones defensivas, dejando la excavación en un nivel menor. Por ejemplo, Williams (1966) menciona pedipalpos pequeños y delgados que se encuentran en dos especies que habitan en madrigueras, *Vaejovis confusus* Stahnke y *V. spinigerus* (Wood), que al igual que otras especies excavadoras como *Anuroctonus phaiodactylus* aparentemente usan principalmente los quelíceros y primeros pares de patas además de los pedipalpos en la construcción de la madriguera.

El presente trabajo forma parte de un estudio extenso sobre la dinámica poblacional de *Hadrurus gertschi* Soleglad, 1976 (ver Quijano-Ravell et al. 2011) y consiste en la caracterización de las madrigueras y su transformación a lo largo del ciclo de vida de este escorpión con hábitos fosoriales. El objetivo es analizar la relación existente entre las dimensiones de la entrada de la madriguera y la edad del animal que la habita, lo que permitiría inferir el estado fenológico de un animal a partir de las medidas de la entrada de una madriguera activa. Si esto fuera posible, entonces podrían hacerse estimaciones de densidad por etapa fenológica en el campo, sin necesidad de extraer a los animales de sus madrigueras ni sacrificarlos.

Localización del área

El estudio fue desarrollado en el "Cerro La Coronilla" ubicado a 3.4 km al NW de Ahuehuepan, municipio de Tepecoacuilco de Trujano, en el estado de Guerrero, México; geográficamente ubicado en latitud 18º 00' 57" N y longitud 99º 31 32" W (Figura 1) a una altitud de 857 msnm. El clima de la región es cálido subhúmedo e isotermal (AWo (W) (i') g) de acuerdo con García (1981); con vegetación de bosque tropical caducifolio (Rzedowski 1978). La localidad se seleccionó tomando como referencia la región de Mezcala, en donde se tienen registros previos de poblaciones de *Hadrurus gertschi* (Beutelspacher 2000; Fet et al. 2000).

Materiales y métodos

Trabajo de campo

Se realizaron muestreos nocturnos mensuales durante un ciclo anual. Se trabajaron dos noches consecutivas cada mes, en fechas con luna nueva para facilitar la detección de los animales con lámparas de luz ultravioleta de aprox. 300 nm de longitud de onda. Se delimitaron dos cuadrantes de 400 m^2, uno con exposición Norte y otro con exposición Sur para evaluar un posible efecto de ladera (Auslander et al. 2003).

Para obtener información sobre el tamaño de los animales que habitan en madrigueras con diferentes dimensiones en la entrada, en los cuadrantes delimitados se hizo un trabajo de detección de madrigueras ocupadas y activas para capturar el alacrán que las habitaba. *Hadrurus gertschi* es un escorpión cauteloso y escurridizo que raramente sale de su madriguera; generalmente se les detecta con la luz ultravioleta a una distancia de varios metros, al acecho de presas con los pedipalpos ligera-

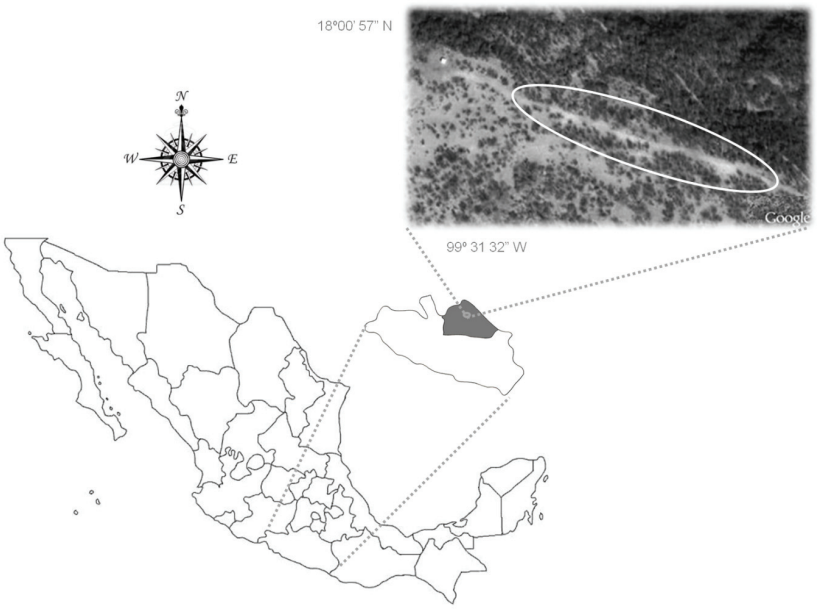

Figura 1. Ubicación del Área de estudio. "Cerro La Coronilla", Ahuahuepan, Mpio. de Tepecoacuilco de Trujano, Estado de Guerrero, México.

mente fuera de la galería, pero al acercarse retroceden al interior de la madriguera, haciendo la captura bastante complicada. Para capturarles se esperó pacientemente, sin moverse, hasta que el alacrán surgiera a la entrada de la madriguera (de uno a varios minutos) y se les atrapó con una pinza. En otras ocasiones se utilizó una pajita delgada para provocar el desplazamiento del alacrán hacia la entrada de la madriguera y así facilitar su captura.

De los animales capturados se midió la longitud del carapacho (LCTX) y de la entrada de la madriguera se tomaron la anchura máxima (ANCHO_MAX) y la altura en la parte media (ALT_MED) (Figura 2). Las mediciones de campo fueron tomadas con un Vernier con 0.1 mm de precisión.

Figura 2. Medidas tomadas a la entrada de cada madriguera de *Hadrurus gertschi*. La línea horizontal punteada representa la anchura máxima (ANCHO_MAX) y la línea vertical continua la altura media (ALT_MED).

Al inicio del trabajo, durante el día se registraron y etiquetaron todas las entradas de madriguera detectadas mediante una revisión minuciosa de cada uno de los cuadrantes delimitados. En las revisiones posteriores de las madrigueras se clasificaron con los términos: a) "inactivas" cuando no se observó evidencia o rastro de la entrada, si la entrada estaba bloqueada o cuando la madriguera se encontró habitada por arañas u hormigas (fig. 3a) y b) "activas" para las madrigueras que mostraban la entrada abierta y limpia, con un túmulo bien construido, evidencia de actividad reciente (Williams 1966, Koch 1978) (Fig. 3b).

Se seleccionaron 41 madrigueras "activas" usando como criterio la anchura máxima de la entrada, agrupadas en principio en tres categorías: a) pequeñas, b) intermedias y c) grandes, con base en la frecuencia de tamaños que se detectaron al medirlas. Las madrigueras seleccionadas se excavaron para caracterizarlas, capturando y sacrificando al animal ahí encontrado. Para no perder la madriguera durante la excavación debido al colapso de las aéreas circundantes, se utilizó alambre suficientemente flexible y resistente para introducirlo en la madriguera y se utilizó harina para dejar rastro en el túnel durante el proceso, facilitando con esto el avance de la excavación hasta llegar a la cámara terminal. De cada madriguera se midió anchura máxima y altura en la parte media de la entrada; número y longitud de las secciones del túnel y profundidad máxima. En el caso de madrigueras con dos secciones, la longitud total del túnel se obtuvo por la sumatoria de la longitud de cada una de las secciones o tramos.

Se tomaron nueve muestras del túmulo que se encuentra en la entrada de la madriguera (Figura 3b), las cuales se analizaron con ayuda de un microscopio estereoscópico Zeiss Stemi DV4, con la finalidad de identificar la composición del mismo y observar indirectamente evidencias de la actividad al interior de la madriguera.

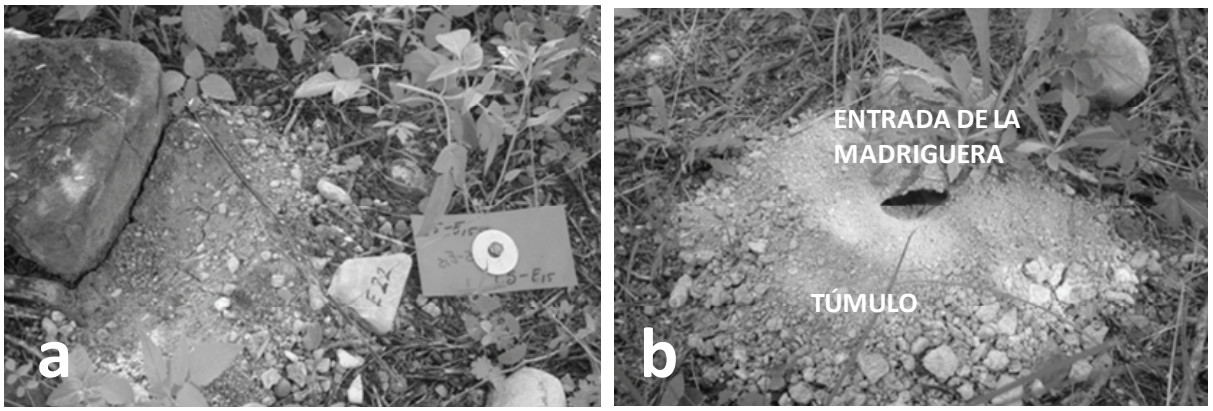

Figura 3. Madrigueras de *Hadrurus gertschi*. a) Entrada de la madriguera tapada ("inactiva") mostrando también la marca individual de cada madriguera; b) Madriguera con túmulo bien definido y entrada despejada ("activa").

Análisis de datos

Todos los análisis se hicieron en el paquete estadístico JMP v. 6.0 de SAS Institute (2005).

Entradas de las madrigueras

Se utilizó un diagrama de tallo y hoja para explorar la distribución de los datos de anchura máxima de la madriguera (ANCH_MAX) y la altura media (ALT_MED) de las mismas (n=95). Una vez obtenidos los valores promedio para cada una de las edades representadas (=estadios), se elaboró un histograma de frecuencias en el que se usó la distancia promedio entre edades como la amplitud de clase para obtener la distribución de tamaños de entrada de las madrigueras representadas en la muestra y comparar con el número de estadios identificados en el ciclo de vida de *H. gertschi* (Quijano-Ravell et al. 2011).

Se hicieron diagramas de dispersión de las edades de los animales capturados en las madrigueras con los datos de anchura máxima y altura de las mismas, para revisar gráficamente el grado en que los datos representan la edad del animal. Posteriormente se hizo un Análisis de Correlación Lineal para determinar si los datos de la anchura máxima y la altura media de las entradas de las madrigueras, en relación con la longitud del carapacho (LCTX) del habitante, podrían ser utilizados para establecer la edad del alacrán que allí se encontraba y con ello definir la estructura poblacional de *H. gertschi*.

También se aplicó un ANOVA de una sola vía para las medidas de anchura máxima de las madrigueras tomadas en campo para obtener el nivel de utilidad de estas medidas para diferenciar la edad de los alacranes. Para esto, a cada medida se le asignó la edad correspondiente a la longitud del carapacho del animal capturado en esa madriguera.

Efecto de la exposición

Con un ANOVA de una sola vía se comparó la profundidad total de las madrigueras de alacranes de diferentes edades en las dos exposiciones de ladera estudiadas, Norte y Sur, en búsqueda de alguna tendencia, bajo la premisa que la ladera Sur es más caliente y seca que la ladera Norte y por lo tanto se esperarían madrigueras más profundas en ella

Caracterización de las madrigueras

Posterior e independientemente del resultado anterior, considerando el total de madrigueras excavadas, se realizó un Análisis de Correlación Lineal con la profundidad total de la madriguera y la anchura máxima de la entrada y, posteriormente con la profundidad total con respecto a la longitud del carapacho del alacrán.

Con los datos de las madrigueras excavadas (n=41) se hizo la caracterización de las mismas considerando las siguientes medidas: anchura máxima de la entrada, profundidad total, longitud total (considerando las partes que se identificaron como secciones) y la cámara terminal, denominada así la parte final de la madriguera que se reconoce por el ensanchamiento distal de la última sección para dar cabida al animal en reposo (Williams 1966). Esta cámara también debe ser suficientemente grande para permitir que el animal se de vuelta (Lamoral 1979).

Resultados

Entradas de las madrigueras

Al revisar la distribución de los datos de las dos variables medidas y los histogramas resultantes de los datos disponibles (n=95) se decidió utilizar para el análisis sólo la anchura máxima (ANCHO_MAX), ya que la altura media de la entrada fue mucho más homogénea entre edades y por tanto menos informativa.

El histograma de frecuencias con la anchura máxima se hizo con seis categorías, de acuerdo con Quijano-Ravell et al. (2011) quienes reportaron para el ciclo de vida de *Hadrurus gertschi* siete estadios, el primero de ellos sin la capacidad de hacer madrigueras porque pasa esta etapa con la madre (Figura 4).

Al agrupar los datos por edad se calculó el promedio de longitud del carapacho (LCTX) y la anchura máxima (ANCHO_MAX) correspondientes a cada una de las edades de la muestra (n=95). Al graficarlas se obtuvo una buena concordancia entre los datos. En las categorías

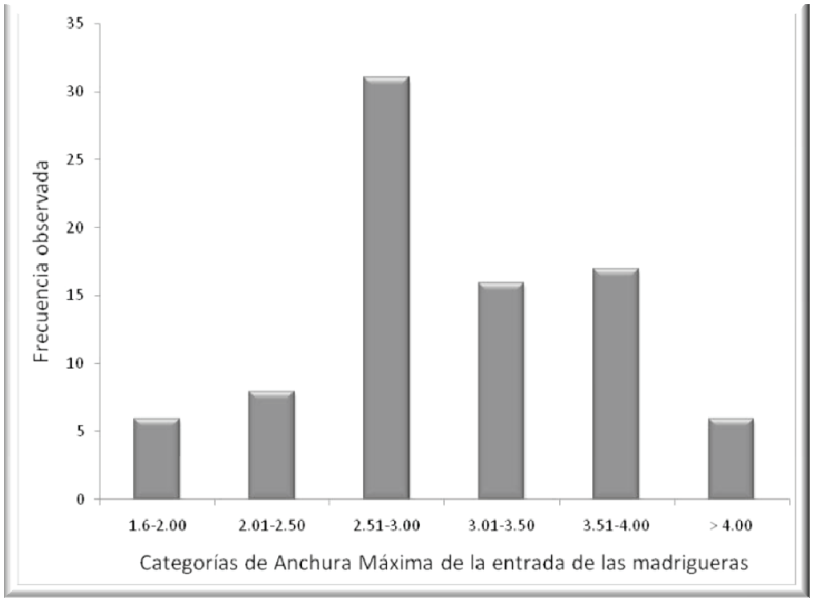

Figura 4. Frecuencias observadas de anchura máxima de la entrada de las madrigueras de *Hadrurus gertschi* usando la distancia promedio entre edades como la amplitud de clase.

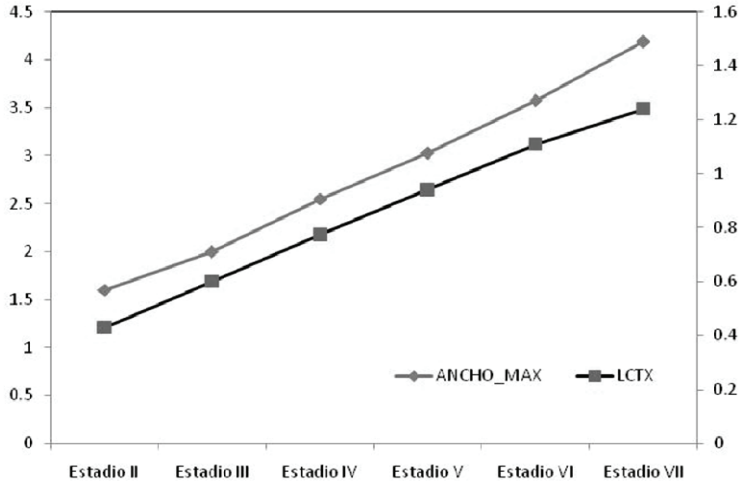

Figura 5. Promedio de anchura máxima de la entrada de la madriguera de *Hadrurus gertschi* en las seis categorías de edad (izquierda) y su relación con respecto al promedio de la longitud del carapacho (derecha) de los 6 estadios excavadores de madrigueras determinados en la muestra (n=95).

con medidas de mayor tamaño se incluyeron mayoritariamente los datos observados de entradas de animales subadultos y adultos (Figura 5).

Efecto de la exposición

Los resultados del ANOVA indican que no existe diferencia estadística significativa ($P>0.05$) en la profundidad y longitud total de la madriguera debida la exposición (ladera sur o norte) entre madrigueras de alacranes de la misma edad. Solo se obtuvo diferencia significativa entre las madrigueras del estadio más pequeño con profundidades entre 10.0 y 26.5 cm (promedio=15.67 ±3.93) y las de animales correspondientes al estadio VI y el Adulto con profundidades entre 19.0 y 56.5 cm (promedio= 36.11 ± 9.95), debido a la variación de los datos correspondientes a las edades intermedias. La misma situación ocurrió con la longitud total.

Caracterización de madrigueras

Se hizo otro ANOVA eliminando la variable "Exposición" y considerando todas las madrigueras excavadas, llegando a la conclusión de que las diferencias observadas en la profundidad y longitud total de las madrigueras se deben únicamente al estadio del animal (Tabla 1). Sabiendo que la exposición no tiene influencia en la profundidad ni la longitud de las madrigueras, mediante modelos de Regresión Lineal y usando todas las madrigueras excavadas, se hizo otro análisis en el cual se relacionó la longitud del carapacho (LCTX) con la profundidad total de la madriguera (PT) obteniendo una correlación positiva y altamente significativa (r^2= 0.4297; n=41; $p<0.001$). Posteriormente se revisó la longitud del carapacho (LCTX) con la Longitud Total de la madriguera (LT) obteniendo correlación positiva con alta significancia (r^2= 0.5335; n=41: $p<0.001$).

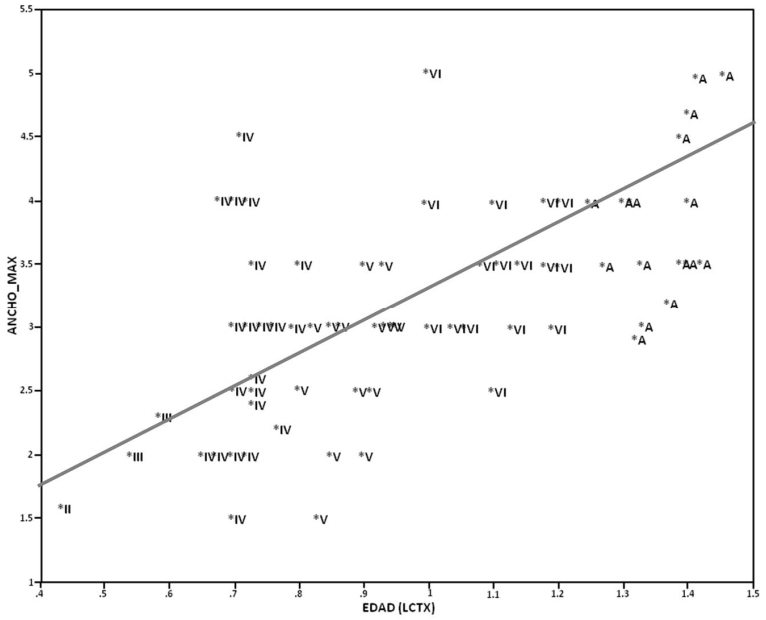

Figura 6. Diagrama de dispersión y línea de regresión mostrando la ubicación de los distintos tamaños (LCTX) en función de la anchura máxima (ANCHO_MAX) de las madrigueras en que se encontraron (r^2 =0.5375). Los números romanos II-VI indican el estadio juvenil a subadulto correspondiente y la letra A=Adultos.

Tabla 1. Resultados del ANOVA para la profundidad total y longitud total de las madrigueras de *Hadrurus gertschi* por estadio, sin considerar la exposición de la ladera (n=41). Letras diferentes representan medias estadísticamente distintas (Tukey; $p<0.05$).

	Profundidad Total			Longitud Total		
Estadio	n	Promedio ± SD	Tukey (.05)	n	Promedio ± SD	Tukey (.05)
Estadio VI	13	42.13 (±9.99)	A	4	62.00 (±16.97)	A
Adulto	6	32.00 (±5.66)	AB	6	57.50 (±17.68)	A
Estadio V	4	28.50 (±6.36)	AB	13	55.94 (±14.65)	A
Estadio III	4	21.33 (±6.66)	B	4	39.50 (±20.51)	AB
Estadio IV	4	21.00 (±7.07)	B	4	22.00 (±2.65)	B
Estadio II	10	15.25 (±3.41)	B	10	18.25 (±5.44)	B

Tabla 2. Medidas tomadas a las madrigueras excavadas de *Hadrurus gertschi*

Con dos secciones	**ANCH_MAX**	**ALT_MED**	**PT**	**SECCIÓN 1**	**SECCIÓN 2**	**LT**
Promedio	3.30	2.24	32.48	17.92	25.66	44.56
SD	0.88	0.74	9.72	7.61	10.98	14.58
Max	5.50	3.70	56.00	40.00	46.00	74.00
Min	2.00	0.70	13.00	5.00	4.00	17.00
n	26	25	27	26	26	27
Con una sección						
Promedio	2.54	1.69	23.82			32.54
SD	0.95	0.82	12.08			22.12
Max	4.00	3.80	50.00			70.00
Min	1.50	1.00	10.00			11.00
n	14	14	14			14

Profundidad total (medida desde el nivel superficial de la entrada en línea vertical hasta el fondo de la cámara terminal); SECCIÓN= Longitud de los tramos que conforman la madriguera; LT= Longitud total de la madriguera (midiendo de la entrada de la madriguera hasta la cámara terminal).

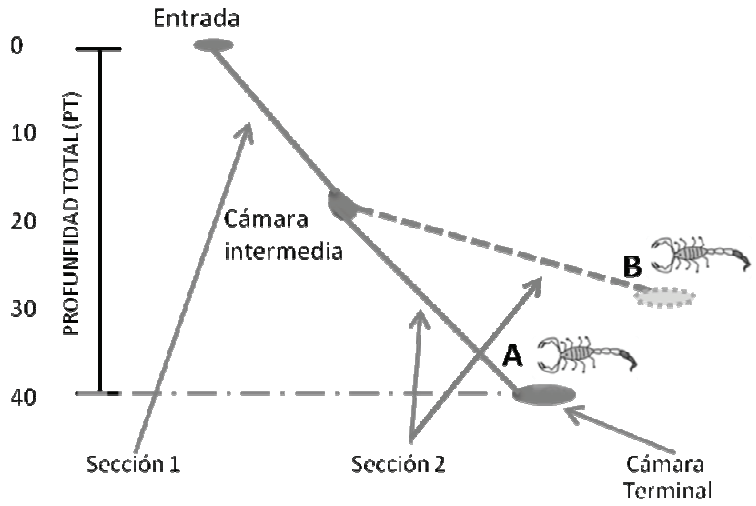

Figura 7. Esquema elaborado con base en la excavación de madrigueras de *Hadrurus gertschi*. A) Patrón de madrigueras que tienden a ser verticales y B) Madrigueras que son menos inclinadas, con tendencia a la horizontal.

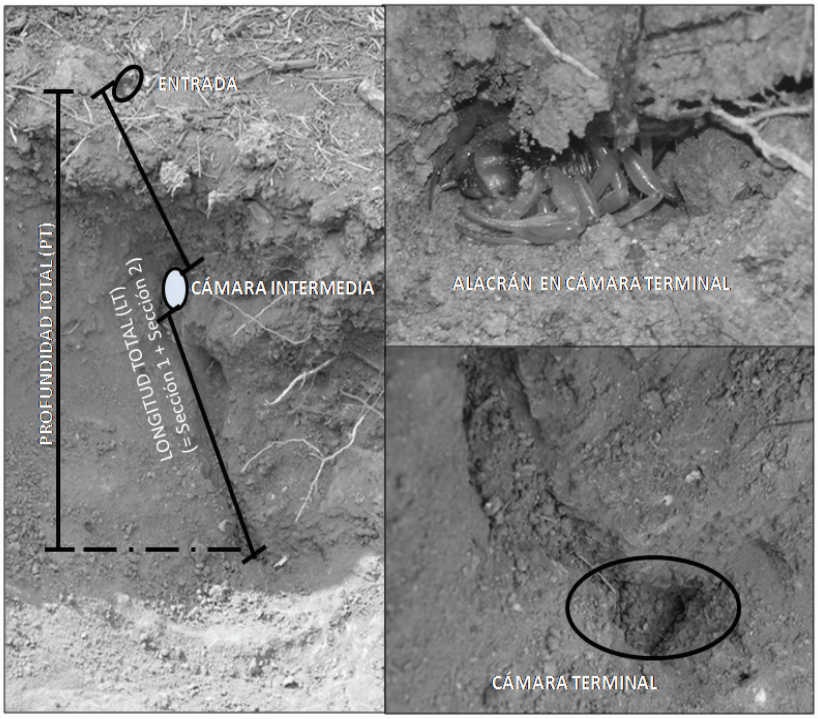

Figura 8. Excavación de una madriguera de hembra adulta de *Hadrurus gertschi*, mostrando dos secciones y las medidas tomadas.

En algunas madrigueras se encontró un solo tramo de túnel entre la entrada y la cámara terminal a la que denominamos sección 1; mientras que en otras existe una cámara intermedia entre el final del primer tramo del túnel y un segundo tramo (Sección 2), el cual muestra un cambio de ángulo y/o dirección del mismo. Se elaboró un esquema (Figura 7) y se tomaron fotografías (Figura 8) de la forma más común de este tipo de madriguera. Tanto en las madrigueras con túnel de una y dos secciones, se midieron la anchura máxima y altura de las entradas, la longitud de la sección o secciones encontradas así como la profundidad y longitud total (Tabla 2).

Análisis del túmulo

De las 9 muestras de los túmulos analizados, 6 contenían partes de la exuvia del alacrán y 3 correspondieron a ejemplares que posteriormente fueron capturados y medidos. Las medidas del ejemplar y los de su propia exuvia de un estadio anterior, me permitieron constatar la correlación entre el crecimiento del animal y el factor de crecimiento previamente determinado para esta especie (Quijano-Ravell et al. 2011), así como la utilidad de las estructuras utilizadas (Tabla 3). Dicho factor de crecimiento no difiere significativamente del valor teórico de Dyar ($\sqrt[3]{2}$ = 1.26) ($p>0.05$ en una prueba de Ji cuadrada).

En 6 túmulos se encontraron partes de insectos ingeridos por el alacrán (Figura 9). Algunas de las estructuras que se pudieron determinar pertenecen a hormigas, escarabajos y otros insectos. La identificación no fue

Tabla 3. Medidas de las partes de exuvia encontradas en los túmulos y las medidas de los ejemplares de *Hadrurus gertschi* capturados en dicha madriguera (n=3) con los correspondientes factores de crecimiento para dicha ecdisis. Los espacios en blanco representan estructuras que no fueron recuperadas entre el material del túmulo

	LCTX	**SCV**	**QLA**
MUDA 1	1.15		
EJEMPLAR 1	1.46		
FC	**1.27**		
MUDA 2		0.80	1.12
EJEMPLAR 2		1.00	1.46
FC		**1.25**	**1.30**
MUDA 3	0.71	0.58	1.00
EJEMPLAR 3	0.90	0.75	1.30
FC	**1.27**	**1.29**	**1.30**

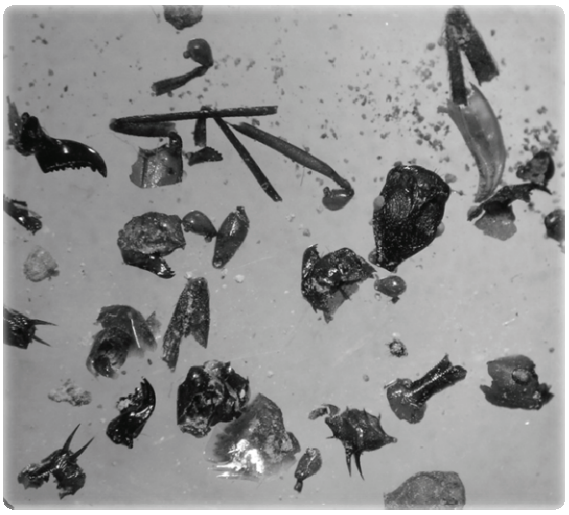

Figura 9. Restos de insectos encontrados en las muestras de "túmulos" de madrigueras de *Hadrurus gertschi*.

más detallada debido a que el proceso de trituración y digestión externa de los alacranes deja restos muy pequeños de las estructuras de las presas.

Discusión

Utilidad de las entradas de las madrigueras para el estudio de Hadrurus gertschi.

Existe una correlación alta (r^2=0.5375) entre la longitud del carapacho del alacrán y la anchura máxima de la madriguera que habita. Este resultado confirma que entre mayor sea la anchura de la entrada de la madriguera, mayor será la edad del animal que la ocupa, así como la relación de las dimensiones de la entrada con la profundidad, situación que ya Williams (1966) dejaba entrever al reportar profundidades diferenciales para hembras, machos y juveniles del vaejóvido *Anuroctonus phaeodactylus* en California.

En este trabajo se demuestra que tanto las dimensiones de la entrada como la profundidad de la galería, están altamente correlacionadas con el tamaño del alacrán, razón por la que es posible asignar una edad al animal que habita una madriguera, acorde con la anchura máxima de la entrada de la misma. Complementariamente se podrá suponer, con un margen razonable de seguridad, la profundidad en la que *Hadrurus gerstchi* se encontrará en la cámara terminal. También se podrá suponer la longitud total de la madriguera, independientemente de si tiene una o dos secciones, debido a la alta correlación (r^2=0.6071) entre esta medida y la edad del animal (en términos de la longitud del carapacho). Sin embargo, para los estadios más pequeños, los datos de que disponemos para la entrada de la madriguera, no son suficientes para predecir la edad del animal que la habita, ya que se mantuvieron confundidos los estadios II y III.

Actualmente no hay algún estudio que permita comparar los resultados aquí presentados, por lo que consideramos que los pocos datos sobre las madrigueras de los primeros estadios, representan información valiosa que deberá completarse posteriormente.

Quijano-Ravell et al. (2011) proponen que el ciclo de vida de la especie consta de 7 estadios o ínstares, por lo que para el análisis de madrigueras se usaron seis, una menos que el número de estadios identificados, debido a que el estadio I no cava su propia madriguera ya que se encuentra aún en la madriguera materna (suponemos que sobre el dorso de su madre) y no necesita de una madriguera propia para refugiarse. Una vez ocurrida la primera muda las crías en estadio II pasan un tiempo con la madre (constatado en tres excavaciones) y están listas para abandonarla (Figura 10). Al salir pueden excavar su propia madriguera. Esto es coincidente con el hecho de que se registraron en campo 5 juveniles del estadio II iniciando la excavación como parte del proceso de dispersión de los individuos desde la madriguera materna.

Quijano-Ravell et al. (2011) indican que el ciclo de vida de *Hadrurus gertschi* requiere de aproximadamente 5

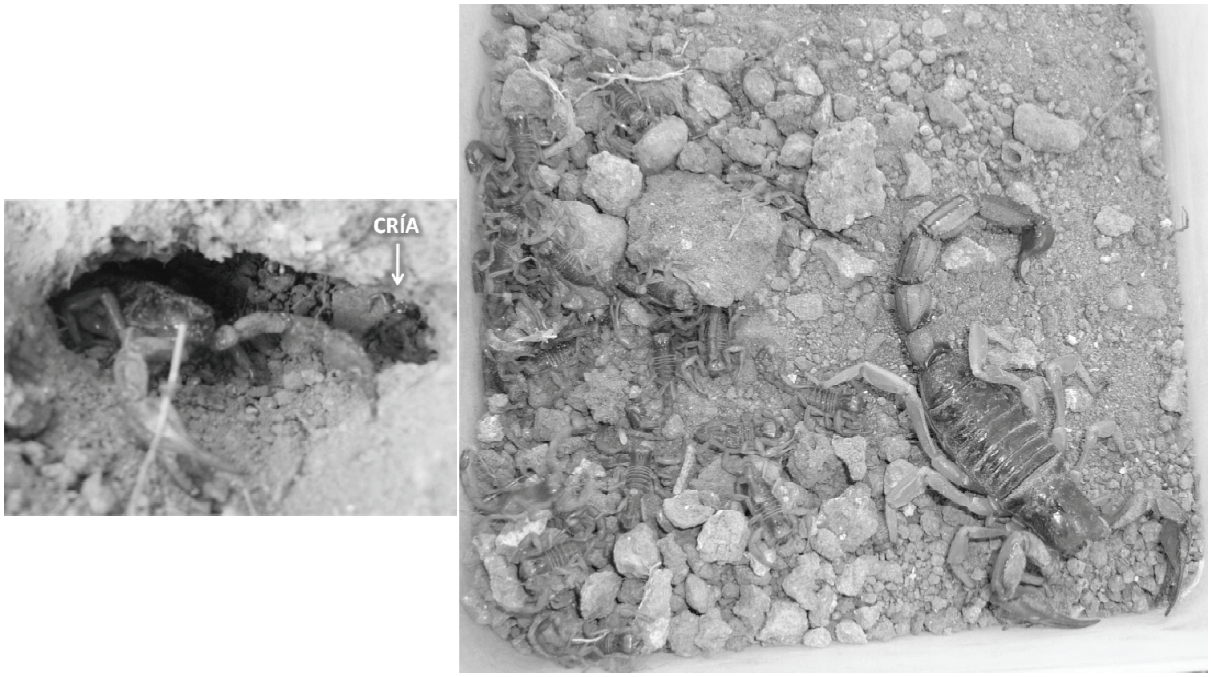

Figura 10. Cámara terminal de la madriguera de una hembra adulta de *Hadrurus gertschi* con crías de estadio II (Izq.) y la hembra y su camada una vez extraídas (21 crías).

años y que las madrigueras de muchos individuos permanecen inactivas durante largos periodos. Aquí hipotetizamos que las madrigueras activas son aquellas en que el ocupante necesita alimentarse para crecer y, una vez satisfecha esa necesidad, el alacrán bloquea la entrada desde el interior para quedar protegido (tanto de depredadores como de la desecación ambiental) y se va hacia la cámara terminal, en donde debido a la profundidad, las condiciones de temperatura, humedad y aireación, son menos extremas que en la superficie (Williams 1966, Koch 1978, Polis 1981) y en esas condiciones ocurre la muda. Una vez que está completamente esclerosado el "nuevo" exoesqueleto, el ocupante abre la entrada y la madriguera es agrandada en todas sus dimensiones para dar cabida al animal y pueda volver a alimentarse. Esto también explica la presencia de restos de la exuvia en el túmulo fresco de una madriguera recientemente reactivada.

Exposición

La hipótesis nula era que en la ladera con exposición al sur las madrigueras serían más profundas, para contrarrestar el incremento en la temperatura y disminución de humedad en dicha ladera con respecto a la ladera norte (Auslander et al. 2003); en el supuesto de que los alacranes se moverían hacia partes más profundas durante las horas de mayor temperatura.

El análisis de la profundidad de la madriguera con respecto a la exposición y edad de los alacranes, mostró que la profundidad y longitud total de las madrigueras no difieren por efecto de la exposición. En la zona de estudio, la diferencia en condiciones ambientales provocada por el efecto de ladera, no genera alguna estrategia específica en términos de hacer más profunda o larga la madriguera, ni provoca un cambio de forma de las mismas y la profundidad de las madrigueras es la estrategia para evitar condiciones extremas en ambas laderas.

Caracterización de madrigueras

Las madrigueras de *Hadrurus gertschi*, están conformadas por una entrada elíptica (más ancha que alta) y presentan un túmulo bien diferenciado cuando se encuentra activa. Presentan un túnel conformado por una sección en el caso de los juveniles o dos secciones en estadios V a adulto. En ambos casos hay una cámara terminal que es la parte donde el alacrán se alimenta y en el caso de las hembras adultas cuidan a sus crías. En el caso de las madrigueras de estadio V, VI y adultos, también puede encontrarse una cámara intermedia que suponemos funciona principalmente como "oportunidad" para girar 180° en el interior de la madriguera, y secundariamente como un lugar de reposo o escape, cercano a la superficie. Cuando la galería tiene dos secciones, la sección más profunda está orientada en un ángulo distinto a la primera dando la impresión de iniciar un espiral. Es probable que la cámara intermedia de una madriguera profunda haya funcionado como la cámara "terminal" de dicha madriguera cuando el ocupante era más joven y de menor tamaño.

Las madrigueras de *Anuroctonus phaeodactylus* están formadas por un túnel simple que termina en una cámara o nido, en el cual se supone descansa el animal (Williams 1966). En *Urodacus* se encontraron madrigueras generalmente en forma de espiral con diferentes grados de inclinación dependiendo de la especie (Smith 1966, Koch 1978). White (2001) registra para la especie *Urodacus yaschenkoi* que la madriguera consiste en una entrada anterior poco profunda seguida de una sección en espiral y posteriormente por una cámara terminal horizontal. Esto también ya había sido

observado por Koch (1978) y Shorthouse y Marples (1982). La mayoría de estas especies coinciden en que construyen sus madrigueras en espacios abiertos, terrenos arenosos o de consistencia blanda, más que en áreas protegidas, bajo rocas o troncos o suelos duros. También se trata de especies que habitan en zonas semidesérticas o desérticas, en donde la profundidad de las madrigueras representa una estrategia adaptativa para evitar las condiciones extremas de la superficie. La localidad donde estudiamos a *Hadrurus gertschi* comparte las características de sitio de las especies con madrigueras profundas y en espiral.

Profundidades de 30-40 cm son suficientes para disminuir hasta en 10°C la temperatura con respecto a la superficie (Hadley 1974), lo que hace de estas profundidades un refugio agradable para los animales en reposo durante las horas de condiciones extremas. Si el suelo no es duro, la profundidad de las madrigueras puede ser mayor y alcanzar hasta 1 m (Williams 1966). En la localidad trabajada el suelo es de tipo regosol, con una profundidad mayor a 75 cm y estructura moderada a fina (partículas de 0.2-0.5 cm), lo que le hace un suelo no muy duro (Quijano-Ravell 2010) lo que explica que las madrigueras de los adultos de *H. gertschi* pudieran encontrase hasta 56 cm de profundidad, con promedio (19.19 cm para juveniles y 34.21 cm para adultos), que debe ser suficiente para mantenerles en condiciones adecuadas en las horas de condiciones extremas en que la temperatura máxima diaria promedio alcanza los 30 °C.

Hadrurus gertschi cava sus madrigueras y va penetrando en el suelo con el prosoma hacia adelante, utilizando los quelíceros y las quelas del pedipalpo para aflojar la tierra en el fondo y los lados de éstas y luego retroceden hacia la entrada jalando la tierra suelta con las patas. Sin embargo, cuando está al acecho en la entrada de la galería, se encuentra con el prosoma dirigido hacia fuera y con los pedipalpos listos para capturar presas, por lo que debe darse vuelta. La cámara terminal en otras especies se usa para esto (Williams 1966, Lamoral 1979, Koch 1978), aunque en *Hadrurus gertschi* en las madrigueras de los adultos, encontramos una cámara intermedia que suponemos tiene esta utilidad. Cuando un alacrán subadulto o adulto está agrandando su madriguera después de la última muda, tiene que retroceder la longitud total de la misma jalando tierra suelta hasta el túmulo en la entrada, ayudándose de los dos primeros pares de patas y los pedipalpos. De la misma forma se ha documentado excavan diferentes especies de *Anuroctonus*, *Urodacus*, *Opisthophthalmus*, *Scorpio* y *Vaejovis* (Smith 1966, Williams 1966, Koch 1978, Lamoral 1979).

La entrada de la madriguera de *H. gerstchi* presenta un túmulo bien diferenciado en la parte frontal (cuando se encuentra activo), al igual que la mayoría de los alacranes fosoriales de los que se conoce su madriguera (Smith 1966, Williams 1966, Koch 1978, Lamoral 1979, Polis y Farley 1980), no es así el caso de *Cheloctonus jonesii*, cuya madriguera presenta dos túmulos (Harington 1978).

ANÁLISIS DEL TÚMULO

En campo se observó que lepidópteros nocturnos también forman parte de la dieta de esta especie, aunque sus restos no se identificaron en el túmulo. La composición del túmulo es similar a la reportada por Williams (1966) para *Anuroctonus phaeodactylus*. Harington (1978) registra en los túmulos de la especie *Cheloctonus jonesii*, además de restos de exuvia y presas, detritus vegetales, sin ofrecer explicación a éstos últimos.

En *Hadrurus gertschi* después de cada muda, el alacrán desbloquea la entrada y literalmente barre hacia el túmulo la exuvia y los desechos de las presas consumidas previamente. Posteriormente, de manera periódica el animal realiza operaciones de mantenimiento de la madriguera, las cuales son más aparentes poco después de las lluvias, lo que puede deberse a las inundaciones y posterior deposición de suelo en las madrigueras.

Conclusiones

La conclusión principal de este trabajo es que el alacrán va agrandando su madriguera conforme a su crecimiento. El alacrán grande vive en una galería grande que corresponde a madrigueras más largas y profundas; mientras que un alacrán de los primeros estadios juveniles vive en una galería pequeña. El ancho máximo de la entrada aumenta en relación directa al crecimiento del animal. Esto permite censar la estructura de la población por edades y obtener otros parámetros poblacionales sin la necesidad de capturar a todos los individuos, sino simplemente midiendo el ancho máximo de las entradas de las madrigueras activas.

En lo referente a la exposición (efecto de ladera), se determinó que no existe relación entre ésta y la profundidad y longitud de las madrigueras, y que es la edad del animal que la habita la que determina sus proporciones.

En cuanto a la forma de las madrigueras de *Hadrurus getschi* se identificaron 2 "patrones" bien diferenciados: a) madrigueras con túnel de un solo tramo o sección correspondientes a etapas juveniles (II-IV) y b) las que presentaron 2 tramos o secciones que se encontraron para los estadios mayores (V-VI y Adultos).

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y la Colección Nacional de Arácnidos del Instituto de Biología de la Universidad Autónoma de México por el apoyo para el trabajo de campo. Se agradece también el apoyo en el trabajo de campo a Víctor Guzmán, Héctor Montaño, Tania Palafox, Carlos Santibáñez, Ulises Torres y Alejandro Valdés. Este trabajo fue realizado bajo el amparo de la Licencia de Colector Científico (FAUT.0175) otorgado por la SEMARNAT al Dr. O. Francke. La primera autora desea agradecer a Conacyt por el apoyo financiero otorgado a través de la beca asignada para la realización de estudios de Maestría.

Bibliografía

AUSLANDER, M., E. NEVO Y M. INBAR. 2003. The effect of slope orientation on plant growth, developmental instability and susceptibility to herbivores. *Journal of Arid Environments* **55: 405-416**.

BEUTELSPACHER, B. C. R. 2000. *Catálogo de los Alacranes de México.* Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 175 pp.

FET, V., W. D. SISSOM, G. LOWE Y M. E. BRAUNWALDER. 2000. *Catalog of the Scorpions of the World* (1758-1998). New York Entomological Society. New York, USA. 690 pp.

GARCÍA, E. 1981. *Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen*. Inst. Geog. UNAM. 252 pp.

HADLEY, N. F. 1970. Water relations of the desert scorpions, *Hadrurus arizonensis*. *Journal of Experimental Biology*. **53: 547-558**

HADLEY, N. F. 1974. Adaptational biology of desert scorpions. *Journal of Arachnology***. 2: 11-23**.

HARINGTON, A. 1978. Burrowing biology of the scorpion *Cheloctonus jonesii* Pocock (Scorpionida, Scorpionidae). *J. Arachnol.* **5: 243-249**.

JMP v. 6.0. 2005. SAS Institute.

KOCH, L. E. 1978. A comparative study of the structure, function and adaptation to different habitats of burrows in the scorpion genus Urodacus (Scorpionida, Scorpionidae). *Records of the Western Australian Museum* **6, 119–146.**

LAMORAL, B. H. 1979. The Scorpions of Namibia (Arachnida: Scorpionida). *Ann Natal Mus*. Vol. 23 (3): 497-784.

POLIS, G. A. 1981. The evolution and dynamics of intraspecific predation. *Annual Review of Ecology and Systematics,* **12: 225-251**.

POLIS, G. A. 1990. Ecology. *In The Biology of Scorpions*, G. A. Polis (Ed.). Stanford University Press. Stanford, California. p. 247-293.

POLIS, G.A. & R. D. FARLEY. 1980. Population biology of desert scorpion: survivorship, microhabitat, and the evolution of life history strategy. *Ecology* 61:620–629.

QUIJANO-RAVELL, A. F. 2010. Dinámica poblacional de *Hadrurus gertschi Soleglad* 1976 (Scorpiones: Iuridae) en una localidad del estado de Guerrero, México. *Tesis de Maestría. Facultad de Biología*, Universidad Micoacana de Sana Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, Mexico. 106 pp.

QUIJANO-RAVELL, A. F.; J. PONCE-SAAVEDRA; O. F. FRANCKE B. 2011. Ciclo de vida de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones, Iuridae) en una localidad del Estado de Guerrero, México. *Revista Ibérica de Aracnología* **19: 133-145.**

QUIJANO-RAVELL, A. F.; J. PONCE-SAAVEDRA; O. F. FRANCKE B. 2012. Densidad, distribución espacial y biomasa de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones, Iuridae) en una localidad de Guerrero, México. *Revista Ibérica de Aracnología.* **20: 35-44.**

RZEDOWSKI, J. 1978. *La vegetación de México*. Ed. Limusa. México. 432 pp.

SISSOM, W. D., G. A. POLIS Y D. D. WATT. 1990. Field and Laboratory methods. En: Polis, G. A (Ed.). *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press. Stanford, California. pp. 445-461.

SHORTHOUSE, D. J. Y MARPLES, T. G. 1982. Observations on the Burrow and Associated Behaviour of the Arid-Zone Scorpion Urodacus yaschenkoi (Birula). *Aust. J. Zool*. **28, 581-90.**

SMITH, G. T. 1966. Observations on the life history of the scorpion *Urodacus abruptus* Pocock (Scorpionidae), and an analysis of its home sites. *Australian Journal of Zoology* **14 (3) 383 - 398**

WARBURG, M. R. Y G. A. POLIS. 1990. Behavioral Responses, Rhythms, and Activity Patterns. In *The Biology of Scorpions,* G. A. Polis (ed.). Stanford University Press. Stanford, California. P. 224-246.

WILLIAMS, S. C. 1966. Burrowing activities of the scorpions *Anuroctonus phaiodactylus* (Wood) (Scorpionidae: Vaejovidae). *Proceedings of the California Academy of Sciences.* **34: 419-428**.

WHITE, C. R. 2001. The energetics of burrow excavation by the inland robust scorpion, *Urodacus yaschenkoi* (Birula, 1903). *Australian Journal of Zoology*. **49, 663–674.**

.