

Densidad, distribución espacial y biomasa de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones, Iuridae) en una localidad de Guerrero, México.

Ana F. Quijano-Ravell, Javier Ponce-Saavedra,
Oscar F. Francke.

ARTÍCULO:

Densidad, distribución espacial y biomasa de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones, Iuridae) en una localidad de Guerrero, México.

Ana F. Quijano-Ravell

Javier Ponce-Saavedra

Laboratorio de Entomología
"Biol. Sócrates Cisneros Paz,"
Facultad de Biología,
Universidad Michoacana de San
Nicolás de Hidalgo, Edificio B-4, 2º.
Ciudad Universitaria,
CP 58060 Morelia, Michoacán.
E-mail: javierpon@gmail.com

Oscar F. Francke

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

Revista Ibérica de Aracnología

ISSN: 1576 - 9518.

Dep. Legal: Z-2656-2000.

Vol. 20

Sección: Artículos y Notas.

Pp: 35-43.

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

Índice, 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>

Resumen

Se presentan estimaciones de densidad, distribución espacial y biomasa de *Hadrurus gertschi* Soleglad 1976 a partir de datos de campo tomados durante un año de observaciones en el cerro "La Coronilla" cerca de Ahuehuepan, municipio de Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero, México. Se utilizaron cinco cuadrantes de 400 m² cada uno con diferentes exposiciones. Las mayores densidades registradas fueron de 0.3450 madrigueras por m² en el cuadrante plano, seguido del cuadrante con exposición sur (0.2300 madrigueras por m²); mientras que las menores densidades se registraron en los cuadrantes con exposición norte y oeste (0.1325 y 0.0825 madrigueras por m², respectivamente). Los valores más altos del año se registraron en el periodo de mayo a julio. La distribución espacial de las madrigueras en todas las exposiciones de acuerdo con el Índice de Morisita se ajustó a una distribución agregada. El peso promedio de los adultos fue de 2.22 ± 0.73 g en peso seco y 6.4 ± 0.89 en fresco; mientras que los juveniles variaron de 0.08 ± 0.05 g en peso seco y 0.2 en fresco para el estadio II hasta 1.10 ± 0.41 g de peso seco y 3.63 ± 1.95 en fresco para el estadio preadulto. La biomasa estimada por hectárea fue de 2471.26 gramos en peso seco y 6190.02 g en peso fresco.

Palabras clave: Scorpiones, Iuridae, *Hadrurus gertschi*, cuadrantes, exposición de laderas, fluctuación anual

Abstract.

Density, spatial dispersion and biomass of *Hadrurus gertschi* Soleglad 1976 were estimated from field data obtained during a year of observations at "La Coronilla" hill in the municipality of Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero, Mexico. Five quadrants of 400 m² with differing slope exposures were used. The highest density was recorded in the quadrant without slope or "flat quadrant" with 0.3450 burrows per m² and the southern exposure quadrant (0.2300 burrows per m²). The lowest densities occurred in the quadrants with northern and western exposures (0.1325 and 0.0825 burrows per m² respectively). The highest values of the year were recorded in the months of May to July. The spatial dispersion of burrows in all exposures studied corresponds with a clumped distribution according to the Morisita Index. Average dry weight of adults was 2.22 ± 0.73 g and 6.4 ± 0.89 g in fresh weight. The juveniles weighted 0.08 ± 0.05 g in dry weight and 0.2 of fresh weight instar II and 1.10 ± 0.41 g dry weight and 3.63 ± 1.95 g in fresh weight in the preadult stage. The biomass per ha was estimated in 2471.26 g of dry weight and 6190.02 g of fresh weight.

Key words: Scorpiones, Iuridae, *Hadrurus gertschi*, quadrants, slope exposure, annual variation

Introducción

Los alacranes son un buen modelo para estudiar la dinámica poblacional, por tener un ciclo de vida largo y lento comparado con la mayoría de los artrópodos, así como por alcanzar tamaños corporales relativamente grandes sin la complejidad de las historias de vida de los vertebrados (Benton 2001).

Desde el punto de vista ecológico, la información acerca de la estructura poblacional y la dinámica de los escorpiones en México es muy escasa. Las estimaciones de densidad detectadas en los informes médicos o descripciones taxonómicas sólo mencionan si la especie es "abundante" o "escasa"; por lo tanto, el conocimiento cuantitativo de la densidad y otros parámetros demográficos que son fundamentales para el estudio de los escorpiones, está por generarse (Ponce 2003).

Se tienen conocimientos básicos de ecología de poblaciones de muy pocas especies: *Paruroctonus mesaensis* Stahnke 1974 (Polis y McCormick 1986 en Polis 1990) y *Vaejovis* aff. *occidentalis* (Ponce y Díaz-Mora 2002) de la familia Vaejovidae Thorell, 1876; *Urodacus yaschenkoi* (Birula 1903) (Shorthouse 1971) y *Urodacus manicatus* (Thorell 1876) (Smith 1966 en Polis 1990) de la familia Urodacidae Pocock, 1893; y *Centruroides balsasensis* Ponce y Francke 2004 (Ponce 2003, Ponce et al. 2006), *Centruroides vittatus* (Say 1821) (Brown 2001, Brown et al. 2002; Yamashita 2004) y *Centruroides limpidus* (Karsch 1879) (Ponce y Vázquez 2007) de la familia Buthidae C. L. Koch, 1837.

Polis (1990) presenta datos sobre la densidad de algunas especies en los que se aprecian valores tan altos como 8 a 12 animales por m² en *Serradigitus littoralis* (Williams 1980) de la familia Vaejovidae en Baja California, México, hasta valores tan bajos como 0.0002 alacranes por m² para *Tityus fasciolatus* Pessôa 1935 (Buthidae) en Brasilia, Brasil. Existen registros de 21 especies con densidades menores a 1/m² y solo tres con valores superiores (Polis 1990: Tabla 6.7).

La biomasa es un factor importante a considerar en los análisis de población (Polis 1990); la forma más fácil de estimar la biomasa es la multiplicación de la densidad promedio de los individuos por el promedio de masa corporal; sin embargo, las diferencias en el tamaño y la edad deben ser consideradas, lo que modifica las estimaciones (Polis 1990, Ponce 2003).

La familia Iuridae Thorell, 1876 está conformada, según Francke y Prendini (2008) por cinco géneros de los cuales *Hadrurus* Thorell, 1876 comprende ocho especies: *H. arizonensis* Ewing 1928; *H. aztecus* Pocock 1902; *H. concolorous* Stahnke 1969; *H. gertschi* Soleglad; *H. hirsutus* (Wood 1863), *H. obscurus* Williams 1970; *H. pinteri* Stahnke 1969 y *H. spadix* Stahnke 1940; esta última especie es la única del género que no se encuentra registrada para México.

Las ocho especies de escorpiones que comprenden el género *Hadrurus*, son de hábitos fosoriales y raramente vagan lejos de la entrada de su madriguera (Francke y Prendini 2008).

Hadrurus gertschi construye madrigueras típicas muy fáciles de identificar en el campo, lo cual facilita considerablemente los estudios ecológicos y de dinámica poblacional en el campo. El hallazgo de una población grande y relativamente densa de *Hadrurus gertschi* en el estado de Guerrero, aunado a observaciones preliminares sobre la fenología, densidad y distribución espacial en dicha población nos llevó a emprender un estudio amplio de casi dos años de duración. Los alacranes permanecen en la misma madriguera durante toda su vida y la van agrandando después de cada muda (Quijano-Ravell et al. 2012), lo que permite estimar la biomasa presente con mayor precisión, lo cual es importante dados el tamaño corporal (grande) y la densidad de alacranes encontrados en esta población. Los resultados de estas investigaciones de campo están siendo analizados y presentados en cuatro trabajos diferentes: (1) ciclo de vida y fenología (Quijano-Ravell et al. 2012); (2)

densidad, distribución espacial y biomasa (el presente trabajo); (3) estructura de las madrigueras de *H. gertschi* (Quijano-Ravell et al. 2012), y (4) dispersión de los juveniles de la madriguera materna (Francke et al. en preparación).

Se conocen pocos datos ecológicos del género *Hadrurus*, como su densidad en los desiertos de Baja California en donde para *H. hirsutus* y *Hadrurus* spp. (probablemente *H. concolorous*) se reportan densidades de 0.5 ind./m² a partir de datos no publicados (Polis 1990: comm. pers. S. Williams). Aspectos fenológicos de *Hadrurus arizonensis* fueron trabajados por Williams (1968) en Arizona, EE. UU. y recientemente en *H. gertschi* por Quijano-Ravell et al. (en prensa) en Guerrero. No existen datos sobre la distribución espacial y la biomasa de alacranes de la familia Iuridae.

Material y métodos

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA. El estudio fue desarrollado en el "Cerro La Coronilla", ubicado 3.4 km al noroeste de Ahuehuepan, municipio de Tepecoacuilco de Trujano, en el estado de Guerrero, México, a 18°00' 57" de latitud norte y 99° 31' 32" de longitud oeste y 857 msnm (Figura 1). Se caracteriza por tener clima cálido subhúmedo Awo (W) (i') g (García 1981) y vegetación de bosque tropical caducifolio (Rzedowski 1978). La localidad inicialmente se ubicó tomando como referencia la región de Mezcala, en donde se tienen registros previos de poblaciones de *Hadrurus gertschi* por Beutelspacher (2000) y en una visita exploratoria se observó la presencia de poblaciones inusualmente densas, de fácil acceso y que facilitaban estudios de ciclo de vida (Quijano-Ravell et al. 2011) y la dinámica poblacional.

TRABAJO DE CAMPO. Se establecieron 5 cuadrantes, de 400 m² cada uno (10 x 40 m), para estimar la dinámica poblacional de *H. gertschi* durante un año, así como el patrón de distribución espacial de esta especie. Los cuadrantes fueron ubicados en diferentes áreas de la zona de estudio representando la variación ambiental detectada, principalmente las diferencias de exposición (laderas norte, sur, este y oeste así como un cuadrante plano). La distancia entre los cuadrantes más distantes fue de aproximadamente 1 km. Los cuadrantes se delimitaron con cuerda y cada esquina se marcó con una etiqueta pintada de color fluorescente y fijada por el centro con un clavo y una rondana (Figura 2a).

Dentro de cada cuadrante se registró individualmente cada madriguera y el número total; para ello se utilizaron otras etiquetas, las cuales tenían el número y orientación del cuadrante así como el número de madriguera correspondiente (Figura 2b). Mensualmente se elaboraron mapas por cuadrante mediante un sistema de coordenadas (Figura 3). Todas las etiquetas se ubicaron a 10 cm. al sur de la entrada de la madriguera, para facilitar la ubicación de la misma durante los recorridos nocturnos con lámparas U. V.

Cada mes se hicieron dos recorridos en cada cuadrante: uno nocturno y otro diurno, durante los cuales se registró la actividad del ocupante. Durante los recorridos

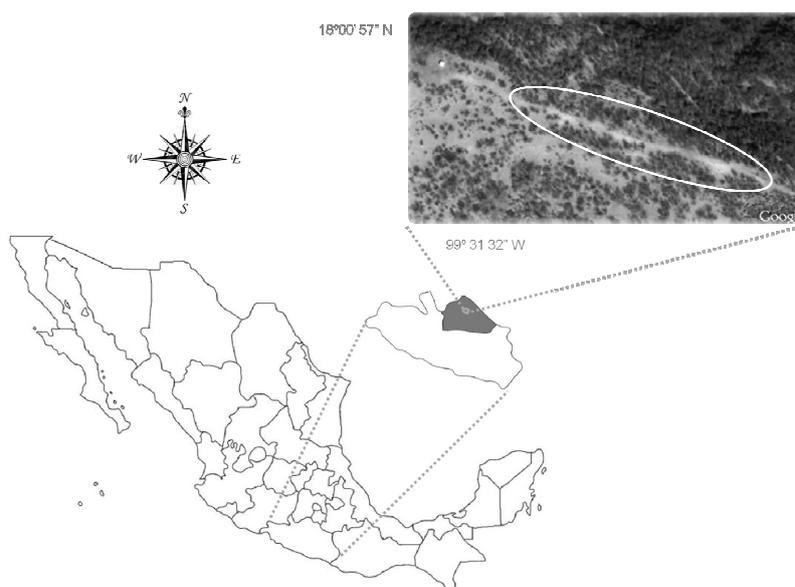


Figura 1. Ubicación del área de estudio, “Cerro La Coronilla”, Ahuahuepan, Municipio. de Tepeacoacuilco de Trujano, Guerrero, México.

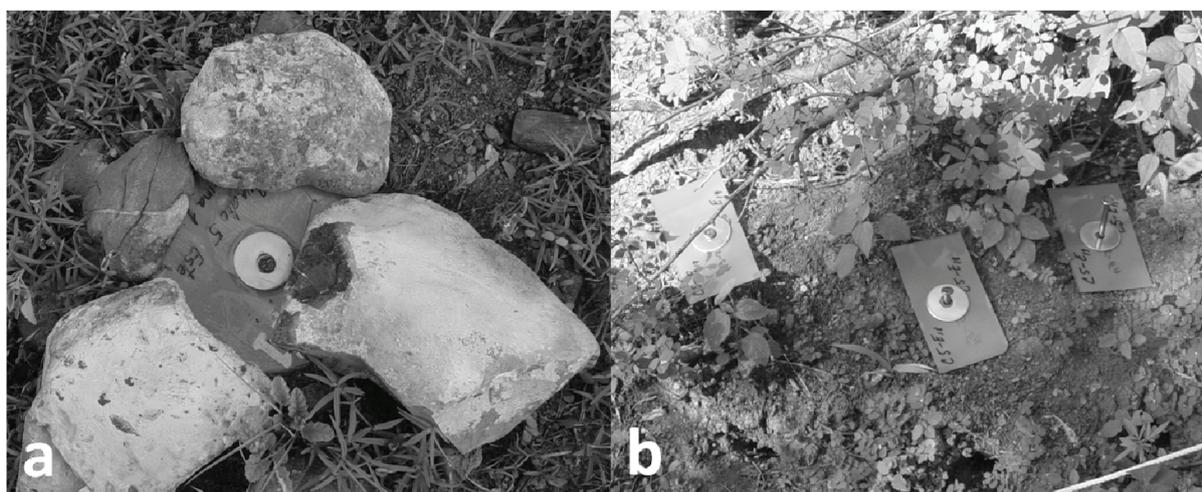


Figura 2. Etiquetas en campo: a) esquinas de los cuadrantes; b) etiquetas para la ubicación de madrigueras.

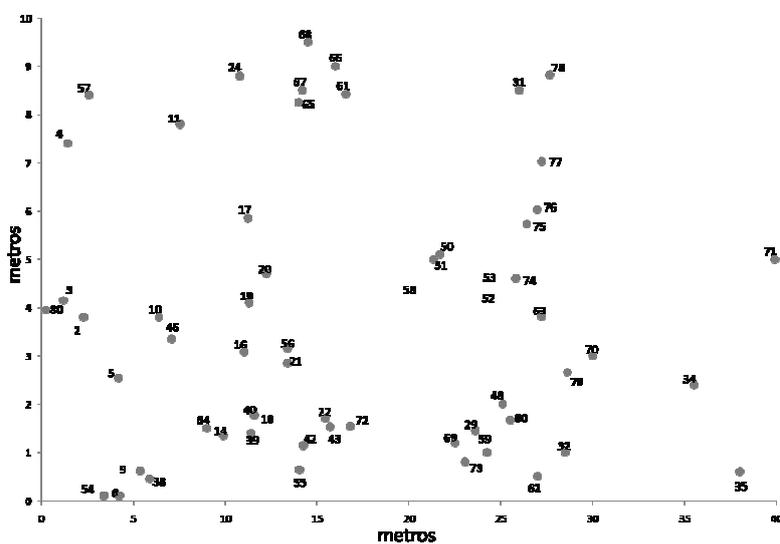


Figura 3. Ejemplo de los mapas de distribución de madrigueras dentro de los cuadrantes.

nocturnos se registró la presencia/ausencia del habitante en la entrada de la madriguera, y se intentó capturar a los activos para medirlos y posteriormente regresarlos a su madriguera. Durante los recorridos diurnos se verificó si la entrada de la madriguera estaba abierta (con un túmulo fresco) o cerrada (sin túmulo), como una indicación adicional de actividad/inactividad del ocupante en la superficie. Adicionalmente, se marcaron las “nuevas” madrigueras que se encontraron en cada cuadrante; es decir, aquellas madrigueras que estaban cerradas y pasaron desapercibidas durante recorridos anteriores.

ANÁLISIS DE DATOS. ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD: Mensualmente se contaron las madrigueras en cada uno de los cinco cuadrantes y se obtuvo la densidad por cuadrante de 400 m²; se calculó la densidad por m² ($n/400$) y se extrapoló a densidad por hectárea ($n \times 25$) para efectos comparativos con datos publicados anteriormente en uno u otro formato. Con los datos sobre la estructura de la población determinada por Quijano-Ravell et al. 2011, específicamente la proporción de adultos y juveniles registrada, se estimó la densidad para cada una de estas categorías de edad.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL: Para estimar el patrón de distribución espacial de las madrigueras se utilizaron los datos de conteo mensual de los cinco cuadrantes y se aplicó la relación varianza-media para obtener el Índice de Morisita (I_d), el cual si tiende a 1.0 indica que la distribución es aleatoria, si es menor de 1.0 la distribución es uniforme y si es mayor de 1.0 entonces se trata de una distribución agregada. El Índice de Morisita utiliza la estructura poblacional (frecuencias relativas) para determinar la similitud entre localidades (en este caso cuadrantes). Se define como la probabilidad de que dos individuos de una misma población, al ser seleccionados al azar se encuentren en el mismo cuadrante. Entre mayor sea el valor, la población tenderá a estar agrupada, alcanzando el máximo de agrupación cuando $I_d = \text{número de cuadrantes}$, lo que significa que todos los individuos se encuentran en un cuadrante (Brower et al. 1998).

El patrón de distribución espacial fue probado con Ji-cuadrada aplicada sobre I_d . La interpretación se hizo con el Índice de Morisita Estandarizado porque tiene la ventaja de ser independiente de la densidad de la población y del tamaño de la muestra (Myers 1978 en Krebs 2000).

BIOMASA: Para las estimaciones de peso fresco, a fines del mes de abril de 2010 se recolectaron 35 ejemplares: durante la noche utilizando lámparas U.V. Se capturaron 1 adulto, 4 ejemplares de estadio VI, 15 de estadio V y 3 de estadio IV. Mediante excavación durante el día se obtuvieron 4 alacranes de estadio IV y 4 adultos de los cuales una hembra se capturó con su camada de 21 crías en estadio II. A dichos ejemplares se les midió la longitud del caparazón cefalotorácico para establecer su edad usando los estadios determinados por Quijano-Ravell et al. 2011. Se pesaron por separado cuatro crías y todos los demás ejemplares capturados; se pesaron en campo utilizando una báscula digital de bolsillo marca Escali, con precisión de 0.1 g.

Para estimar la biomasa en peso seco, primero se utilizó una muestra de 58 ejemplares provenientes de capturas en el mismo sitio efectuadas en julio de 2006 (visita exploratoria), se les asignó edad y posteriormente se sometieron a proceso de deshidratación en una estufa durante 5 horas a 75°C. Los ejemplares se pesaron en una báscula digital marca Kern modelo profesional con precisión de 0.01g, obteniendo el peso por individuo y un dato promedio por categoría de edad (estadio). Una prueba preliminar de Ji-cuadrada para comparar los pesos secos obtenidos para hembras y machos adultos no arrojó diferencia estadísticamente significativa y en consecuencia se aplicaron los valores promedio obtenidos a los adultos independientemente del sexo y a los juveniles de acuerdo con la edad correspondiente. Con estos datos se calculó la biomasa (fresca y seca) esperada por hectárea para cada cuadrante, considerando el número máximo de madrigueras registrado y la proporción de adultos y juveniles obtenida de todos los ejemplares capturados durante el año (ver Quijano-Ravell et al. en prensa).

Resultados

DENSIDAD. El mayor número de madrigueras se observó en el cuadrante plano, con una densidad estimada de 0.345 madrigueras por m², seguido del cuadrante con exposición sur con 0.2300 madrigueras por m². Los cuadrantes con menor densidad de madrigueras registradas fueron el cuadrante oeste y el de exposición norte que presentaron 0.0825 y 0.1325 madrigueras por m², respectivamente (Tabla I).

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL. La estimación del Índice de Morisita para la distribución espacial obtenida en todos los cuadrantes fue mayor de 1.0, lo que indica que las madrigueras se distribuyen de manera agregada. Esto se corroboró usando el Índice de Morisita Estandarizado al obtener un valor mayor de cero. Este comportamiento se observó en todos los cuadrantes para todas las fechas que duró el estudio (Tabla II).

BIOMASA. En la muestra de peso fresco no se tuvo representación del estadio III, y en la de peso seco del estadio IV, por lo que usando los pesos promedios obtenidos para las edades representadas, se hizo un análisis de regresión no lineal (acorde a la tendencia de los datos), encontrando que el modelo exponencial tuvo la mejor explicación al comportamiento de los datos observados ($r^2 = 0.9653$ para peso fresco y $r^2 = 0.997$ para el peso seco) y, con la ecuación resultante, se estimó el peso promedio que deberían tener los estadios faltantes (Tabla III).

Las proporciones observadas en los ejemplares capturados y liberados en campo durante un año ($n=249$) (Quijano-Ravell et al. 2011), reflejan que el 18.56 % de la población fueron adultos y el resto juveniles de diferentes edades, representados por un 28.87 % de estadio VI, un 34.02% de estadio V, un 0% para el estadio IV (no se capturó ningún ejemplar), 5.15% de estadio III y un 13.40% de estadio II. Estas proporciones se usaron para estimar la densidad esperada por cuadrantes (Tabla

PENDIENTE	SUR	PLANO	NORTE	OESTE	ESTE	Valor
MES	Ind/m ²	Promedio				
Agosto	0.100	0.155	0.068	<u>0.043</u>	0.098	0.093
Septiembre	0.100	0.155	0.078	<u>0.043</u>	0.120	0.099
Octubre	0.118	0.175	0.080	0.048	0.130	0.110
Noviembre	0.118	0.175	0.080	0.050	0.148	0.114
Diciembre	0.138	0.198	0.080	0.058	0.148	0.124
Enero	0.143	0.200	0.083	0.058	0.153	0.127
Febrero	0.143	0.200	0.083	0.058	0.153	0.127
Marzo	0.148	0.215	0.083	0.058	0.153	0.131
Abril	0.148	0.220	0.085	0.065	0.153	0.134
Mayo	0.228	0.293	0.105	0.075	0.208	0.182
Junio	0.230	0.345	0.133	0.075	0.208	0.198
Julio	0.230	0.345	0.133	0.083	0.215	0.201
Valor Promedio:	0.154	0.223	0.091	0.060	0.157	0.137
Desv. Est.	0.05	0.07	0.02	0.01	0.04	0.04

Tabla I. Estimación de la densidad (individuos / m²) del alacrán *Hadrurus gertschi* para cada cuadrante durante un ciclo anual. El valor más alto se resalta en negritas, el más bajo subrayado.

MES	MADRIGUERAS TOTALES POR CUADRANTE					ÍNDICE MORISITA	ÍNDICE MORISITA ESTANDARIZADO
	SUR	PLANO	NORTE	OESTE	ESTE		
ENERO	57	80	33	23	61	1.15	0.51
FEBRERO	57	80	33	23	61	1.15	0.51
MARZO	59	86	33	23	61	1.17	0.52
ABRIL	59	88	34	26	61	1.15	0.52
MAYO	91	117	42	30	83	1.19	0.52
JUNIO	92	138	53	30	83	1.21	0.52
JULIO	92	138	53	33	86	1.19	0.52
AGOSTO	40	62	27	17	39	1.15	0.51
SEPTIEMBRE	40	62	31	17	48	1.28	0.51
OCTUBRE	47	70	32	19	52	1.14	0.51
NOVIEMBRE	47	70	32	20	59	1.14	0.51
DICIEMBRE	55	79	32	23	59	1.15	0.51

Tabla II. Estimación del patrón de la distribución espacial de los alacranes para cada cuadrante durante un ciclo anual.

IV). Aplicando el registro máximo de madrigueras por cuadrante en todas las fechas de muestreo y extrapolando a una hectárea, bajo la hipótesis de que en la muestra se tiene representada la proporción de edades que está en campo, se obtuvo mayor valor en biomasa (10,675.1 g en peso fresco y 4,261.85 g en peso seco) para el cuadrante sin exposición (plano) con respecto a los demás; mientras que los de exposición sur (7,065.53 g y 2,820.79 g) y Este (6,604.74g y 2,636.83 g) tuvieron biomasa por hectárea altas pero estadísticamente menores a las del cuadrante plano ($p < 0.05$). En las laderas de exposiciones oeste y norte, la biomasa fue claramente

menor durante el ciclo anual ($p < 0.05$), siendo el cuadrante de exposición oeste el que menor biomasa aportó en este estudio (Tabla IV).

La estimación promedio de biomasa en peso fresco obtenida para *Hadrurus gertschi* en la localidad trabajada fue de 6,190.02g/ha \pm 3,118.9; mientras que para peso seco fue de 2,471.21 g/ha \pm 1,245.18. La regresión lineal entre el peso seco y el peso fresco fue altamente significativa ($p < 0.0001$) y mostró una muy alta correlación ($r = 0.977$). Lo anterior respalda las estimaciones hechas para ambas mediciones de biomasa (Tabla IV).

ESTADIO	PESO FRESCO	n	PESO SECO	n
II	0.2	4	0.08 (± 0.05)	13
III	0.39*	0	0.15 (± 0.05)	5
IV	1.23 (± 0.24)	7	0.30**	0
V	2.32 (± 0.54)	15	0.6 (± 0.19)	33
VI	3.63 (± 1.95)	6	1.1 (± 0.41)	28
Adulto	6.4 (± 0.89)	5	2.22 (± 0.73)	18

* Peso estimado mediante regresión exponencial. Este estadio no estuvo representado en la muestra proveniente de campo.

**Peso estimado mediante regresión exponencial. Este estadio no estuvo representado en la muestra que se sometió al proceso de secado.

Tabla III. Peso promedio en peso fresco y peso seco (en gramos) por estadio de desarrollo.

Cuadrante	No. máximo de madrigueras por cuadrante de 400 m ²	Densidad estimada por hectárea	Densidad estimada de Adultos/ha	Densidad estimada de Estadio VI/ha	Densidad estimada de Estadio V/ha	Densidad estimada de Estadio III/ha	Densidad estimada de Estadio II/ha	Biomasa estimada/ha en g de peso fresco	Biomasa estimada/ha en g de peso seco
Plano	139	3475	645	1003	1182	179	466	10675.1	4261.85
Sur	92	2300	427	664	782	118	308	7065.53	2820.79
Este	86	2150	399	621	731	111	288	6604.74	2636.83
Norte	53	1325	246	382	451	68	178	4070.36	1625.02
Oeste	33	825	153	238	281	42	111	2534.38	1011.81
PROMEDIO	80.6	2015	374	581.6	685.4	103.6	270.2	6190.02	2471.26

El instar IV no se incluye porque no fue capturado durante el trabajo de campo de Quijano-Ravell et al. (2011) y por tanto no se tiene un dato de la proporción en la que se encontraría.

Tabla IV. Estimación de densidad y biomasa (en peso fresco y peso seco) por hectárea, para cada estadio del alacrán *Hadrurus gertschi*, con base en las observaciones obtenidas por cuadrante.

Discusión

DENSIDAD. La densidad más alta se encontró en el cuadrante plano, seguido por los cuadrantes de exposición hacia el sur y el este, luego el norte y finalmente el oeste. No existe una explicación clara ligada a los varios microclimas que nos permitan comprender la variación observada en la densidad, la cual fue de una magnitud de diferencia 3.5 veces más entre el cuadrante más denso y el menos denso.

Si se considera la humedad como un factor determinante, se esperaría que en la exposición norte, la más húmeda y sombreada fuera la de mayor densidad y la exposición sur, la más seca e insolada la de menor densidad (Roig 1978); sin embargo en este trabajo no se encontró este patrón. No está claro si el tipo de vegetación influye en la distribución de los escorpiones ya que en los pocos trabajos en que esto se ha explorado, no se encontró relación significativa entre el tipo de vegetación y la distribución de los alacranes australianos (Koch 1977, 1981) ni con *Centruroides balsasensis* en México (Pon-

ce 2003). Algunas especies pueden presentar asociación positiva con algún tipo de vegetación particular en su área de distribución, en covarianza con la textura o dureza del suelo (Bradley 1986), lo que puede ser una coincidencia entre la vegetación y los requerimientos climáticos y/o edáficos de las especies, ya que estas condiciones sí pueden influir directamente en la distribución de las especies (Polis 1990).

Durante este estudio se analizó la posible relación entre la riqueza vegetal y la cobertura, con respecto a la densidad de madrigueras de *H. gertschi* y no se encontró evidencia estadística de ello ($p > 0.05$) (Quijano-Ravell 2010). El suelo, en un análisis físico y químico de perfiles provenientes de los cuadrantes en estudio, tampoco mostró efecto sobre la densidad de madrigueras ($p > 0.05$) (Quijano-Ravell 2010); aunque un análisis más fino podría aportar mayor información en el nivel de microhábitat.

Las estimaciones de densidad muestran que en los cinco cuadrantes hubo un aumento considerable (aprox. 100%) en el curso de un año, lo cual se debe principal-

mente a que al inicio del trabajo, había muchas madrigueras “inactivas”, las cuales no se reconocieron como pertenecientes a los alacranes, ya que estos alacranes tapan la entrada de sus madrigueras cuando no están activos en la superficie, específicamente durante las mudas y los partos, que es cuando son susceptibles a mayores tasas de depredación y de deshidratación y conforme se “activaron” y pudieron observarse sus madrigueras se fueron registrando. También se tuvieron registros de madrigueras que inicialmente estaban activas y fueron marcadas, pero después transcurrieron hasta seis meses en los que dichas madrigueras se mantuvieron inactivas y después de dicho lapso se “reactivaron” nuevamente por varios meses consecutivos (Quijano-Ravell et al. 2011).

Hadrurus gertschi es un escorpión estrictamente pelófilo, con adultos de 12-15 cm de longitud y una masa corporal de 6.4 gr en promedio. No existen datos comparativos confiables sobre densidad de otras especies del género, con hábitos y tamaños similares. Los datos disponibles de densidad para el género *Hadrurus*, correspondientes a *H. hirsutus* y *Hadrurus* spp. (probablemente *H. concolorous*) en los desiertos de Baja California son de 0.5 ind. /m² (Polis 1990), lo que representa una cantidad de animales muy superior al máximo de madrigueras registrado en este trabajo para el cuadrante plano en los meses de junio y julio (0.345 ind. /m²), y más del doble del promedio máximo registrado para el mismo cuadrante (0.223 ind. /m²). Con base en los datos de este trabajo, observaciones en Baja California durante 18 días en 2004 por Oscar F. Francke así como los datos que presenta Polis (1990: comunicaciones personales de S. Williams, de las que no se sabe si son estimaciones de valores promedio, máximos o mínimos, ni tampoco como se obtuvieron), consideramos que dicho reporte de densidad es un valor muy alto para estas especies y que sería recomendable realizar un estudio a fondo para documentar la densidad real de estas especies en localidades específicas.

Las densidades de otras especies pelófilas, resumidas en Polis (1990), son de 0.67 ind. /m² en *Cheloctonus jonesii* Pocock, escorpionido de Africa del Sur, de menor talla que *H. gertschi*, pero con densidades superiores; 0.07 ind. /m² en dos especies del género *Opisththalmus* de Namibia, considerablemente menos densas que *H. gertschi*; 0.03 a 0.13 ind. /m² en *Scorpio maurus palmatus* (Hemprich & Ehrenberg) en los desiertos de Israel, una especie de menor tamaño y menores densidades que *H. gertschi*; y finalmente tres especies del género *Urodacus* de Australia, menores en talla que *H. gertschi*, con densidades que varían entre 0.04 y 0.22 ind. /m², menores también a las de *H. gertschi*. Williams (1963) estudio al vaejívodo *Anuroctonus phaiodactylus* (Wood), en California, EE. UU. y encontró que esta especie tiene una distribución agregada y la densidad varía desde 0.03 ind. /m² en parches escasos hasta 0.58 ind. /m² en los parches con agregaciones; lo cual arroja una media de 0.31 ind. /m², comparable con la observada en este estudio para *H. gertschi* aunque *A. phaiodactylus* es considerablemente menor en talla.

Existen también estimaciones de densidad en vaejívodos

psamófilos en Norte América, escorpiones de menor talla que *H. gertschi*, que viven en galerías en dunas de arena, resumidas en Polis (1990): para *Paruroctonus baergi* (Williams & Hadley) la estimación es de 0.32 ind. /m², para *Paruroctonus mesaensis* Stahnke de 0.15 a 0.40 ind. /m², y para *Paruroctonus utahensis* (Williams) de 0.06 a 0.27 ind. /m², densidades similares a las encontradas en este estudio. Es importante notar que estas especies psamófilas abandonan sus madrigueras durante la noche para forrajear en una área mayor, mientras que *H. gertschi* y los escorpionidos pelófilos mencionados arriba utilizan la estrategia de esperar a las presas en la entrada de la madriguera, sin abandonar la misma para ampliar el área de caza.

En México hay estimaciones de densidad obtenidas para *Centruroides balsasensis*, una especie errante, con adultos de 6.77 a 6.98 cm de longitud promedio (Ponce y Francke 2004) y una masa corporal de 1.125 gr en promedio (Ponce 2003). El valor más alto obtenido fue de 0.18 individuos/m² (Ponce et al. 2006) que es similar al valor más bajo registrado para *Centruroides exilicauda* (Wood, 1983) en el matorral espinoso del sur de Baja California (0.2 individuos/m²); aunque esta especie llega a registros de 0.5 individuos/m² (Polis 1990).

Utilizando métodos de captura-recaptura, Ponce y Vázquez (2007) reportan estimaciones de densidades de 0.03 a 0.08 ind. /m² para *Centruroides limpidus* (Karsch 1879). Finalmente, los estudios más recientes en éste aspecto son los de Brown et al. (2002) y Yamashita (2004) con *Centruroides vittatus* quienes registraron densidades de 2.92 ind. /m² y de 2.41 ind. /m² respectivamente. La última especie es errante-arbórea y las altas densidades aparentemente están correlacionadas con la tri-dimensionalidad del hábitat, permitiéndoles explotar un mayor volumen de espacio para acechar presas voladoras.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL. *Hadrurus gertschi* tiene una distribución espacial agrupada, comúnmente observada en escorpiones pelófilos o fosoriales (Polis, 1990), donde se reportan agrupamientos en “colonias” con pocos individuos entre una colonia y la otra. En parte esto puede explicar las diferencias en densidades observadas entre los cinco cuadrantes de este estudio, debido a que fueron ubicados al azar, alguno capturó casi toda una “colonia” mientras que otro capturó solo parte de la periferia de otra colonia. Por ende consideramos adecuado reportar densidad promedio de la población de *H. gertschi* en Guerrero y no prestar mayor atención a los valores extremos.

Los escorpiones no se distribuyen al azar dentro de un hábitat; por el contrario, especies particulares se encuentran normalmente en microhábitats específicos en función de factores como la temperatura, precipitación, suelo y la fisonomía ambiental (Polis 1990). En el caso específico de *H. gertschi* existen observaciones preliminares de que los juveniles del estadio II no se dispersan muy lejos de la madriguera de la madre, y la mayoría construye sus madrigueras a pocos metros de distancia, lo que contribuye a la dispersión agrupada que exhibe la especie.

BIOMASA. Una forma cruda de estimación de la biomasa

puede ser la simple multiplicación de la densidad por el peso promedio por individuo en fresco. Este método fue empleado por Shorthouse (1971) y Shorthouse y Marples (1982) para *Urodacus yaschenkoi* (Birula, 1903) (peso basado en los grupos de edad) en Australia y por Bacon (1972) para *Uroctonus mordax* Thorell 1876 en Estados Unidos. La biomasa estimada fue de 1,230 a 1,850 g/ha para *U. yaschenkoi* y 8,300 g/ha para *U. mordax*. Polis (1990) hizo estimaciones para tres especies de la familia Buthidae, una de la familia Vaejoividae y una del género *Hadrurus* usando el mismo método. Para *Hadrurus* se estimaron 20,000 g/ha según Polis (1990: derivados de la densidad reportada en una comunicación personal de Stanley. Williams). La biomasa estimada para *Hadrurus gertschi* es mucho menor que la mencionada por Polis (1990) para el género en California, a pesar de que la densidad registrada en este trabajo es alta, lo que refuerza la idea de que puede haber una sobrestimación en la densidad reportada por Polis (1990).

Las estimaciones promedio de biomasa por edad muestran un comportamiento esperable en términos del factor de crecimiento de Dyar, ya que el valor del peso fresco y el peso seco es cercano al doble del correspondiente a la edad anterior, en congruencia con un patrón de crecimiento geométrico que se ajusta a un modelo exponencial (Tabla IV).

En este trabajo se estimó la biomasa en peso fresco para obtener datos comparables con otros trabajos y agregamos también los valores en peso seco, como una forma alternativa de medir la biomasa cuando no se tiene la posibilidad de pesar los ejemplares en campo, o en un tiempo breve después de su colecta. La diferencia encontrada entre peso fresco y peso seco en cada estadio fue de: II 2.5, III 2.6, IV 4.1, V 3.8, VI 3.3 y adultos 2.9, con un promedio de 3.2. La variación se debe principalmente a la condición nutritiva de los ejemplares muestreados (bien alimentados en algunos casos y desnutridos en otros). El estimado global de biomasa de *H. gertschi* por hectárea en peso fresco es de 6,190g y en peso seco de 2,471g. El promedio en peso fresco para escorpiones del desierto reportado por Polis (2001) es de 7,150, y si consideramos que los estimados de densidad y masa promedio utilizados para llegar a esta cifra no hacen distinción de edades, nuestras cifras son más apegadas a la realidad.

Considerando los datos de peso seco, un adulto tiene un peso promedio de 2.22 g que corresponde a 27.75 veces la biomasa que tenía el animal en su fase de dispersión de la madriguera materna (en el estadio II); mientras que en peso fresco ésta proporción es de 32 veces (Tabla III); lo que representa un consumo energético muy importante que debe realizar el animal durante su ciclo de vida hasta llegar al estado adulto. Considerando que el estadio II pesa 0.2g y el adulto pesa 6.4g en promedio, y aplicando el factor de eficiencia productiva para escorpiones reportado por Polis (2001) de 68.2%, esto indicaría que cada individuo requiere de $6.2g / 68.2\% = 9.12g$ de biomasa de presas para llegar a la madurez sexual.

Finalmente, Polis (2001) reporta requerimientos energéticos de 8,000 a 9,000g de presas/ha/año. Utilizando su estimado de eficiencia productiva de 68.2% y nuestro cálculo de 6,190g de biomasa promedio de *H. gertschi* por hectárea, así como los varios estadios del ciclo de vida considerados se obtendría un requerimiento energético promedio anual de 9,076g de presas para mantener a esta población en equilibrio, es decir los juveniles mudando y creciendo y los adultos reproduciéndose; pero la densidad poblacional estable.

En zonas desérticas y semidesérticas de baja productividad energética, el dato obtenido refuerza el concepto sobre la importancia ecológica de los alacranes como depredadores en la parte más alta de la cadena trófica de dichos ecosistemas, funcionando como reguladores de otras poblaciones de artrópodos; asimismo, debe de servir como indicador de la relevancia que este tipo de estudios tienen para comprender de mejor manera el funcionamiento de este tipo de ecosistemas.

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 Nacional Autónoma de México por el apoyo para el trabajo de campo. El trabajo fue realizado bajo el amparo de la Licencia de Colector Científico (FAUT.0175) otorgado por la SEMARNAT al Dr. O. Francke B. Se agradece también el apoyo en el trabajo de campo a Marco A. Villaseñor, Ulises Torres, Víctor M. Guzmán, Carlos Santibáñez, Alejandro Valdez, Héctor Montaña y Tania Palafox. La primera autora también desea agradecer a CONACYT por el apoyo financiero otorgado a través de la beca asignada para la realización de estudios de Maestría.

Bibliografía

- BACON, A. D. 1972. Ecological studies on a population of *Uroctonus mordax* Thorell. Master's Thesis, Calif. St. Univ. San Francisco. 54pp.
- BEUTELSPACHER, B. C. R. 2000. Catálogo de los Alacranes de México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 175 pp.
- BENTON, T. 2001. Reproductive Ecology. In: Brownell, P. y G. Polis (Eds.). *Scorpion Biology and Research*. Oxford University Press. New York. pp. 278-301.
- BRADLEY, R. A. 1986. The relationship between population density of *Paruroctonus utahensis* (Scorpionida: Vaejovidae) and characteristics of its habitat. *Journal of Arid Environments*. **11**:165-171.
- BROWER, J. E., J. H. ZAR Y C. N. VON ENDE. 1998. *Field and laboratory methods for general ecology*. 4th Ed. Wm. C. Brown Co., Pub. Dubuque, Iowa. 194 pp.
- BROWN, C. A. 2001. Allometry of offspring size and number in scorpions. In *Scorpions 2001. In memoriam Gary A. Polis, V. Fet and P.A. Selden* (Eds.). British Arachnological Society. Burnham Beeches. pp 307-315.
- BROWN, C. A., J. M. DAVIS, D. J. O'CONNELL Y D. R. FORMANOWITZ JR. 2002. Surface density and nocturnal activity in a west Texas assemblage of scorpions. *Southwestern Naturalist*. **47**:409-419.
- FRANCKE, O. F. Y L. PRENDINI. 2008. Phylogeny and classification of the giant hairy scorpions, *Hadrurus* Thorell (Iuridae Thorell): a reappraisal. *Systematics and Biodiversity* **6** (2):205-223.
- GARCÍA, E. 1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. 252 pp.
- KOCH, L.E. 1977. The taxonomy, geographic distribution and evolutionary radiation of Australo-Papuan scorpions. *Rec. Western Australian Mus.* **5**:83-367.
- KOCH, L.E. 1981. The scorpions of Australia: aspects of their ecology and zoogeography. In *Ecological Biogeography of Australia*. Keast A. (Ed.). *Monogr. Biol.*, **41** (2). pp 875-884.
- KREBS, CHARLES J. 2000. *Ecological Methodology*, 2nd (Ed.). Addison-Welsey Educational Publishers, Inc. Menlo Park, CA. 620 pp.
- POLIS, G. A. 1990. Ecology. In *The Biology of Scorpions*. G. A. Polis (Ed.). Stanford University Press. Stanford, California. pp. 247-293.
- PONCE, S. J. Y C. DÍAZ-MORA. 2002. Alacranes (Arachnida: Scorpiones) de Colola, Municipio de Aquila, Michoacán, México. *Revista Ciencia Nicolaita* **33**:19-28.
- PONCE, S. J., 2003. Ecología y Distribución del género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae), en la Depresión del Balsas del Estado de Michoacán. Tesis Doctorado, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, México. 276 pp.
- PONCE, S. J., O. FRANCKE B. Y H. SUZÁN A. 2006. Actividad superficial y utilización del hábitat por *Centruroides balsasensis* Ponce y Francke (Scorpiones: Buthidae). *Revista Biológicas* **8**:130-137.
- PONCE S. J. Y X. J. VÁZQUEZ V. 2007. Aspectos ecológicos de *Centruroides limpidus limpidus* (Karsch) en una localidad de Zitácuaro, Michoacán. *Entomología mexicana* **6** (1):71-75.
- 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. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 115 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. Y M. A. VILLASEÑOR-RAMOS. 2012. Caracterización de las madrigueras de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones: Iuridae) en una localidad de Guerrero, México. *Revista Ibérica de Aracnología*. **20**: 45-55
- ROIG A. A. 1978. Aspectos ecológicos de tres escorpiones del piedemonte precordillerano de Mendoza. *ECOSUR, Argentina* **5** (10): 183-190.
- RZEDOWSKI, J. 1978. *La vegetación de México*. Ed. Limusa. México. 432 pp.
- SHORTHOUSE, D. J. 1971. Studies on the biology and energetics of the scorpion *Urodacus yaschenkoi* (Birula 1904). Ph. D. Thesis. Australian National University. 85 pp.
- SHORTHOUSE, D. J. Y MARPLES, T. G. 1982. The life stages and population dynamics of an arid zone scorpion *Urodacus yaschenkoi* (Birula 1903). *Austr. J. Ecol.* **7** (2):109-118.
- WILLIAMS, S. C. 1963. Feeding Ecology of the scorpion *Anuroctonus phaeodactylus* in a chaparral community recovering from fires. M.A. Thesis, San Diego State Coll, San Diego, CA. 374 pp.
- WILLIAMS, S. C. 1980. Scorpions of Baja California, Mexico, and adjacent islands. *Occ. Papers Cal. Acad. Sc.* **135**:1-127.
- YAMASHITA, T. 2004. Surface activity, biomass, and phenology of striped scorpion, *Centruroides vittatus* (Buthidae) in Arkansas. *Euscorpium-Occasional Publications in Scorpology* **17**:25-33.

