



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**  
**Facultad de Biología**  
**División de Estudios de Posgrado**

**Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas**  
**Conservación y Manejo de Recursos Naturales**

---

“Identidad taxonómica y estudio bionómico de  
*Centruroides ornatus* Pocock 1902 (Scorpiones:  
Buthidae) en México”

**TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE**  
**DOCTORA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

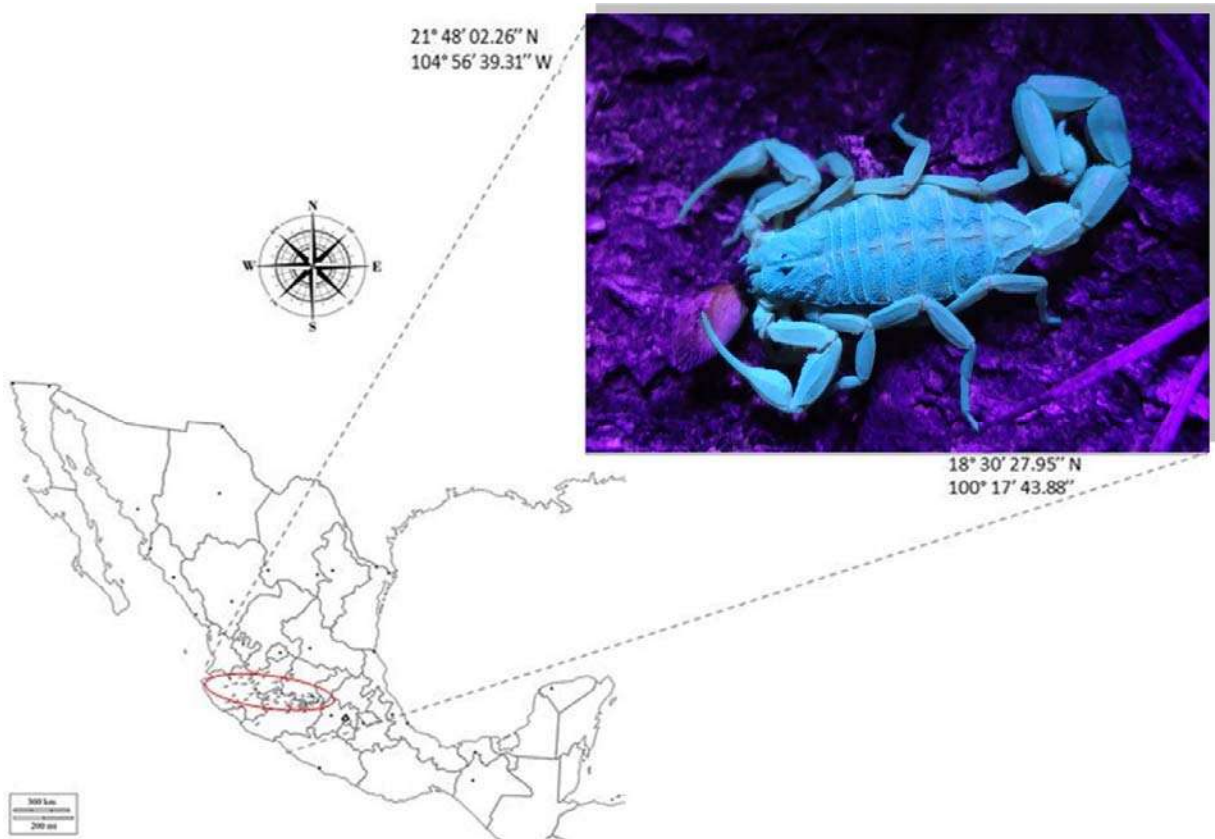
**ANA F. QUIJANO RAVELL**

**DIRECTOR:**  
**DR. JAVIER PONCE SAAVEDRA (UMSNH)**

**Morelia, Michoacán.**



“Identidad taxonómica y estudio bionómico de *Centruroides ornatus* Pocock 1902 (Scorpiones: Buthidae) en México”



**ANA F. QUIJANO RAVELL**

## DEDICATORIA

*A mi padre Darío Quijano, quien a sabido guiarme y apoyarme en todos los momentos de la vida, quien a formado y ayudado a forjar mis sueños, quien ha sido un amigo y guía, quien ha sacrificado todo por sus hijos....por ser mi mas grande ejemplo...Te amo papa...!!!*

*A mi madre Manuela Ravell, quien me ama sobre todas las cosas y siempre lo ha demostrado, quien ha sufrido ausencias y dolores pero siempre esta para apoyar y fortalecer a la familia, por ser lo mas valioso de mi vida, a quien le agradezco a demás de la vida todo lo que soy...su constante esfuerzo me ha guiado por un buen camino... Por ser la mejor mujer...Te amo mamá...!!!*

*A Yank, persona importante en mi vida, que ha conocido mis buenos momentos, los malos...y los muy malos...quien me ha apoyando en todo momento...a quien Amo con lo mucho o poco y quien será parte especial de mi vida, quien nunca será "Solo una Anécdota"...y como dices...Por ser en mi vida "lo mejor de lo peor" ... Gracias por existir...!!!*

*Pedro Quijano†, Mami Luisa† y Mami Estela†, quienes están conmigo mas allá de mis recuerdos...cuyo ejemplo me guía y cuyo amor llevo conmigo a cada vuelta del camino.♥*

*Luisa (Lichi), Pedro (Kako), Darío (Sapo), Jesús (Chucho) y Luis (Choche)... Hermanos gracias por continuo apoyo, por ser amigos quienes están presentes en todo momento...quienes me enseñaron la fortaleza y el valor...quienes me apoyan...*

*Tete y Lili cuñadas y amigas, siempre están dispuestas a ayudar, quienes han estado al pie del cañon apoyándome y demostrando el valor de la familia...por todo... gracias a ambas "Cuñis"..!!!*

*Dariana, Peter, Nomar, Norma, Claudia, Suriel, Víctor, Sandy, Abdías y Marifer...Mis Sobrinos, Para quienes quiero ser un ejemplo a seguir, a quienes busco enseñarles con hechos el valor del sacrificio y la lucha por lograr los sueños.*

*A mi ahijado André Said quien también forma parte importante de mi vida y para quien también quiero ser un ejemplo...!!!*

*... A quien se arriesga, quien de pronto siente que no puede y a pesar de todo sigue de frente...quien siente tocar el suelo pero el orgullo lo levanta... A todo aquel que ha salido adelante a pesar de que los pronósticos no lo favorezcan, a quien no le importa más que alcanzar la cima, seguir el sueño y vivir para convertirlo en realidad...!!!*

*Hoy aquí plasmo trabajo y esfuerzo demostrando que sí se quiere se puede, y al mirar atrás me doy cuenta que todo el sacrificio valió la pena...pues el presente no es más que el esfuerzo del pasado por convertirse en futuro.*

*Yu-K*

## AGRADECIMIENTOS

*Al Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas (PIDCB) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por la oportunidad de cursar mis estudios en su programa.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría.*

*A mi Asesor el Dr. Javier Ponce Saavedra quien me ha brindado un poco de sus conocimientos, por preocuparse en que yo aprendiera apoyándome en los momentos de confusión y desesperación durante la realización de este trabajo, porque siempre tuvo la disposición para que este trabajo se terminara. Sobre todo por la confianza que puso en mí teniendo una constante insistencia para que no dejara de aprender de mis errores, ayudándome a ser paciente. Por ser Amigo verdadero quien sabe escuchar, orientar y apoyar. Por soportar mis constantes berrinches y por aguantar mi rebeldía... Por enseñarme que siempre hay que sobresalir demostrando con hechos ser mejor que los demás...por enseñarme que no debo dudar de mí y que siempre debo trabajar para conseguir ser cada día mejor... por ser quien es... un gran Maestro...!!!*

*Al Dr. Oscar Federico Francke Ballve quien me ha enseñado que el trabajar con los alacranes es un arte que se debe disfrutar... porque es una persona a quien admiro y porque aun tengo mucho que aprender de este Maestro... Gracias por todo Doc!!!*

*A Dr. Carlos Solis, Yvonne Herrerias, Robert W. Jones y Omar Chassin, sinodales agradezco sus comentarios y sugerencias al mismo trabajo.*

*A la Dra Yvonne Herrerias por el gran apoyo que me ha brindado, por que ha demostrado un gran interés en el trabajo y en mi formación como profesional, quien me ha dado toda su confianza...agradezco su apoyo...!!!*

*A Liliana Cerritos quien me ha apoyado de muchos modos y quien siempre está dispuesta a ayudarme y con quien me la paso súper bien...por ser la persona más honesta que he conocido en mi vida y por*

*enseñarme la fortaleza y humildad...por ser la mejor persona del mundo...!!!*

*A mis fieles amigos, Maye, Picho y Jaqueline...por estar siempre conmigo apoyándome en toda circunstancia...quienes a pesar de tantos años nos une una gran amistad que valoro y llevo a cada momento en mi vida..Gracias por todo!!!*

*Agradezco muchísimísimo a quienes me apoyaron en el interminable trabajo de campo, Ernestor, Denisse, Pepe, Raul, Maria Cristina, Jeza, Cinthya, Dariana, David, Fernando, Victor, Ma. Elena ya que sin su apoyo este trabajo no podría haberse realizado.*

*Agradezco de manera especial a Ernestor Oliveros y Denisse Sanchez quienes fueron un gran apoyo en el trabajo, quienes formaron parte de los grandes momentos en campo, de los bajones y de las preocupaciones, del inicio y del fin y del volver a iniciar, sin quejas y siendo grandes amigos... siempre estuvieron dispuestos a sufrir conmigo en todo momento... Este trabajo lleva mucho de ustedes... Gracias...!!!*

*A los compañeros del laboratorio de Entomología los nuevos y los no tanto...los que estuvieron de paso y los que aun perduran...con quienes compartí y aprendí grandes cosas...Jeza, Crispy, Cinthya, Ma. Elena, Willy, Juanito, Irving, Raúl, Dennise, Pepe, Victor.*

*A Ti por siempre estar, por ser mi guía, porque nunca me has dejado desistir.*



## CONTENIDO

CONTENIDO.....	i
I. RESUMEN .....	iv
II. SUMMARY.....	5
III. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	6
IV. OBJETIVOS .....	14
Objetivos particulares:.....	14
V. RESULTADOS.....	15
CAPITULO I. Determinar la identidad taxonómica de las poblaciones de alacranes en México determinadas como <i>Centruroides ornatus</i> , mediante técnicas morfológicas, y morfométricas.....	15
Artículo 1.....	16
Redescription of <i>Centruroides ornatus</i> Pocock, 1902 (Scorpiones: Buthidae) a montane scorpion from Central Mexico .....	16
Abstract .....	16
Resumen .....	16
Introduction .....	17
Methods and Material.....	19
Systematics.....	20
Artículo 2.....	46
A new species of scorpion of the genus <i>Centruroides</i> (Scorpiones: Buthidae) from the state of Michoacán, Mexico .....	46
Abstract .....	46
Resumen .....	47
Introduction .....	47
Material and Methods.....	48
Description .....	50
Taxonomic summary:.....	50
Artículo 3.....	75

Description of four new species of genus <i>Centruroides</i> Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) from western Mexico .....	75
Abstract .....	75
Resumen .....	76
Introduction .....	76
Methods & Material .....	77
Systematics.....	78
CAPITULO II. Estructura poblacional de <i>Centruroides ornatus</i> (Scorpiones: Buthidae) en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México. (Enviado).....	109
Estructura poblacional de <i>Centruroides ornatus</i> (Scorpiones: Buthidae) en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México. (Enviado).....	110
Resumen.....	110
Abstract.....	111
Introducción .....	112
Materiales y métodos.....	113
Resultados y discusión .....	118
<i>Densidad</i> .....	118
<i>Biomasa</i> .....	122
<i>Estructura de edades</i> .....	123
<i>Actividad superficial</i> .....	124
Conclusiones .....	125
Agradecimientos.....	125
Literatura citada.....	126
CAPITULO III. Aspectos generales sobre la historia de vida de <i>Centruroides ornatus</i> (scorpiones: buthidae) en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México. ....	140
Resumen.....	141
Abstract.....	141
Introducción .....	143
Materiales y métodos.....	144
Resultados y discusión .....	146
<i>Ecdisis</i> .....	147
<i>Cortejo, apareamiento y gestación</i> .....	147



<i>Tamaño de camadas</i> .....	158
COMPARACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE CAMADA USANDO CRÍAS Y EMBRIONES EN <i>Centruroides ornatus</i> POCOCK 1902 (SCORPIONES: BUTHIDAE) EN MICHOACÁN, MÉXICO.....	158
Agradecimientos.....	171
Literatura citada.....	171
VI. DISCUSIÓN GENERAL.....	173
VII. CONCLUSIONES .....	178
VIII. LITERATURA GENERAL .....	180

## I. RESUMEN

Se presenta el estudio sobre *Centruroides ornatus* Pocock, 1902, que tiene como objetivo principal determinar la identidad taxonómica de las poblaciones de alacranes determinados como *Centruroides ornatus*, mediante técnicas morfológicas y morfométricas. Se hizo una revisión de los ejemplares registrados como *C. ornatus* en la Colección Aracnológica de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (CAFBUM) y de la Colección Nacional de Arácnidos (CNAN) del Instituto de Biología de la UNAM. Se determinaron 6 especies distintas a *C. ornatus*, 4 del estado de Jalisco y 2 del estado de Michoacán. Se redescibió *C. ornatus* y se actualizó su distribución, la cual incluye los estados de Jalisco, Guanajuato y Michoacán, en la región fisiográfica del Eje Neovolcánico Transmexicano.

Se obtuvo también información sobre la estructura poblacional de *C. ornatus* en dos localidades dentro de la Cuenca de Cuitzeo en Michoacán, México. Se comparó la densidad, proporción sexual, biomasa y actividad superficial, encontrando un comportamiento similar de las poblaciones en estudio y con otras especies de la familia Buthidae de las que se tiene información en la literatura. Adicionalmente se establecen duración y temporalidad de del proceso de ecdisis, cortejo, apareamiento, gestación, y estimación del tamaño de camada.

Palabras clave: Morfología, distribución, densidad, biomasa, cortejo, tamaño de camada.

## II. SUMMARY

The principal objective of this work is to determine the taxonomic identity of the several populations of scorpions with determination as *Centruroides ornatus* using morphometric and morphological techniques. A review of the specimens deposited in the Colección Aracnológica of Facultad de Biología of Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (CAFBUM) and the Colección Nacional de Arácnidos (CNAN) of Instituto de Biología of UNAM was made. Six new species were determined, 4 in localities of the State of Jalisco and 2 in the state of Michoacán. *Centruroides ornatus* was redescribed and its geographical distribution was actualized including the states of Jalisco, Guanajuato and Michoacán in the physiographic region of the Eje Neovolcánico Transmexicano.

Ecological information about the population structure of *Centruroides ornatus* in two localities in the Cuitzeo Basin in the state of Michoacán was generated. The density, sex ratio, biomass and surface activity of both populations were compared, finding similar information for both populations in studio and other species of Buthidae.

The duration and temporality of ecdysis, courtship, mating and an estimation of the litter size also were established.

Key words: Morphology, distribution, density, biomass, courtship, litter size.

### III. INTRODUCCIÓN GENERAL

Los alacranes son un grupo de artrópodos quelicerados terrestres pertenecientes al orden Escorpiones, Clase Arachnida y que en su mayoría presentan hábitos nocturnos. 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).

La diversidad de hábitats en que pueden ocurrir los alacranes es muy amplia; aunque se reconoce que las áreas desérticas y semidesérticas son las más ricas, no son raras las especies que habitan en áreas templadas (Polis, 1990). Las características microecológicas pueden estar actuando como una fuerza selectiva importante para la distribución y evolución de los alacranes, por ejemplo en aquellos con requerimientos específicos de sustrato (Prendini, 2001).

La familia Buthidae en todo el mundo cuenta con 91 géneros y 1.044 especies. El género *Centruroides* Marx, 1890, incluye en la actualidad 85 especies nativas del Nuevo Mundo, y 42 de ellos (dos con subespecies) han sido confirmados en México, cinco de los cuales se han registrado con tienen taxones infra-específicas (Ponce-Saavedra y Francke, 2013). En México se contabilizan 8 familias, 37 géneros y 272 especies, 2 familias, 11 géneros y 14 especies. (Ponce-Saavedra y Francke, 2013; Rein, 2015; Teruel et al., 2015)

Los miembros del género *Centruroides* se distribuyen desde el sur de los EE.UU. hasta el norte de Suramérica, incluidas las Islas Galápagos, las Antillas y Bahamas (Fet y Lowe 2000), es el género más común y diverso de la familia en México con 39 especies descritas a la fecha (Baldazo-Monsivaiz et al., 2013; Ponce-Saavedra y Francke, 2013; Santibáñez-López y Contreras-Félix, 2013; Rein, 2015), y el de mayor importancia médica

en el país. Se le ha estudiado desde el punto de vista toxicológico y epidemiológico; sin embargo, el nivel de información sobre su diversidad, distribución, ciclo de vida, biología de la reproducción, ecología y factores asociados a la misma es escaso incluso para las especies de reconocida importancia médica como *C. noxius* Hoffmann, *C. limpidus* (Karsch.), *C. elegans* (Thorell), *C. suffusus* (Pocock), *C. infamatus* (C.L. Koch), *C. meisei* Hoffmann y *C. ornatus* Pocock por ejemplo (Armas et al., 2003; Miranda, 2001; Hernández, 2002; Ponce-Saavedra, 2003; Quijano et al., 2014). Este género se consideraba como el único representante de la familia Buthidae en México hasta el 2014, cuando Francke et al. describen el género *Chaneke* que incluye dos especies, una del estado de Guerrero y otra de Oaxaca.

La situación taxonómica para algunas especies de *Centruroides* aún no es clara, lo que ha llevado a malas determinaciones o confusiones específicas y como consecuencia se han descrito patrones de distribución en los que se encuentran confundidas varias especies (Miranda, 2001; Hernández, 2002; Ponce y Moreno, 2005). Ponce-Saavedra (2003) detectó un problema taxonómico en dos especies de la familia Buthidae, *Centruroides infamatus* (C.L. Koch) y *Centruroides limpidus* Karsch con sus subespecies, encontrando diferencias morfológicas y moleculares suficientes que sugieren a *C. infamatus ornatus* como una especie válida, como lo propuso Pocock en 1902, situación posteriormente retomada por Armas y Frías (2008) quienes proponen cambiar el estatus subespecífico por uno específico, sin dar mayores argumentos en un trabajo sobre alacranes de Veracruz. En el caso de *C. infamatus* (C. L. Koch), su distribución es muy amplia. Hoffmann (1931) menciona el Estado de Michoacán como el área con los representantes típicos de la especie. También le ubica en Jalapa, Veracruz y hacia el Norte del país en Zacatecas y Durango.

Beutelspacher (2000) no acepta la presencia de la especie en Jalapa pero aumenta la distribución sobre la Vertiente del Pacífico hasta Sinaloa y al Sur hasta Oaxaca. Ambos autores reconocen dos alacranes diferentes conformando la especie. Estas especies se registran en diferentes áreas del Estado de Michoacán y del país, en algunos casos de forma simpátrica (Ponce-Saavedra y Beutelspacher, 2001), lo que no es compatible con el concepto biológico de especie, lo que justifica un estudio más profundo a fin de clarificar su situación taxonómica y distribución.

Las especies de alacranes pueden estar asociadas a una gran variedad de tipos de vegetación, especialmente en climas cálidos y secos, ambientes semidesérticos y desérticos; sin embargo, no se sabe que tan estrecha puede ser la relación existente entre ellas y las especies vegetales que componen las comunidades que habitan. Los estudios de Koch (1977) en Australia y el de Bradley (1986) con *Paruroctonus utahensis* en América, sugieren que hay poca selectividad y que pueden explotar diferentes tipos de vegetación. Eso parece el caso de varias de las especies de alacranes de la familia Buthidae en México, las cuales tienen rangos de distribución muy amplios ocupando tipos de vegetación distintos y algunas con separaciones importantes como *C. limpidus* (Karsch, 1879), *C. infamatus* (C.L. Koch, 1844) en el centro del país, *C. gracilis* (Latreille, 1804) hacia el sureste y *C. exilicauda* (Wood, 1863) y *C. vittatus* (Say, 1821) en el norte (Beutelspacher, 2000; Gonzalez-Santillán, 2001; Ponce-Saavedra, 2003).

Los estudios relacionados con la preferencia o uso del microhábitat por alacranes son aún escasos. Para los escorpiones, el éxito en la alimentación puede estar asociado con los cambios estacionales que afectan la disponibilidad de presas (Polis, 1980; Polis y McCormick, 1986). Los cambios estacionales en la temperatura y las precipitaciones

pueden afectar la disponibilidad de presas y el éxito de forrajeo de los escorpiones (Polis, 1979; Bradley, 1988). Trabajos con especies de la familia Buthidae plantean hipótesis sobre el comportamiento y utilización del hábitat; Brown y O'Connell (2000) sugieren que *Centruroides vittatus* sube a la vegetación ya sea para disminuir el riesgo de depredación o aumentar el éxito de forrajeo, ya que capturar presas dentro de la vegetación puede reducir el riesgo de ser depredado. Así mismo el uso del microhábitat para esta especie muestra cambios temporales. El cambio en el uso del microhábitat durante el ciclo lunar indica los cambios de comportamiento para reducir el riesgo de depredación, evitando ser más visibles para los depredadores nocturnos mientras que la escalada en cactus, pastos y otros tipos de vegetación pueden proporcionar refugio contra depredadores (McReynolds, 2004; 2008; Polis et al., 1981).

Polis et al. (1979) realizaron una investigación sobre algunos aspectos de la biología y ecología de *Paruroctonus boreus* (Girard) en el sureste de Idaho. Estudiaron la actividad superficial, desplazamiento, proporción de sexos y determinaron tamaño promedio de la camada.

Bradley y Brody (1984) trabajaron con tres especies de la familia Vaejovidae a través de un gradiente de hábitat. Los resultados sugieren la posibilidad de que algunos alacranes no pueden estar presentes en ciertos hábitats debido a sus requerimientos ecológicos específicos, en este caso, la imposibilidad de algunas especies para establecerse en los sitios rocosos, lo que impide el amadrigamiento.

Ponce-Saavedra (2003) realiza un estudio sobre ecología de las especies en la depresión del Balsas en Michoacán, en el cual describe aspectos poblacionales de

*Centruroides balsasensis*, *C. infamatus*, *C. limpidus* y otras especies que habitan en esta zona del estado.

Brown et al. (2002) estudiaron la densidad superficial y la actividad nocturna de los escorpiones en el Oeste de Texas, encontrando 8 especies de las cuales 3 fueron las de mayor abundancia.

Kaltsas et al. (2006) estudiaron el efecto de la insularidad en la estructura poblacional de *Mesobuthus gibbosus*, comparando poblaciones en dos ecosistemas similares, uno en la Grecia continental (Tesalia, cerca de la ciudad de Volos) y uno en Grecia insular (este de Creta). Se obtuvieron datos de densidad y estructura de la población, así como las fluctuaciones estacionales.

Yamaguti y Pinto-da-Rocha (2006) realizaron un estudio de la ecología de *Thestylus aurantiurus* Yamaguti & Pinto-da-Rocha (Scorpiones, Bothriuridae) del Parque Estadual de Sierra de la Cantareira, en Sao Paulo, Brasil, reportando que la abundancia de escorpiones está relacionada con los factores ambientales y que el mayor número de escorpiones fueron recolectados en las zonas más altas, lejos de fuentes de agua del parque y no expuestas a inundaciones. También hacen una breve descripción de las madrigueras de *Thestylus aurantiurus*.

Kaltsas et al. (2007) estudiaron la estructura poblacional de *Mesobuthus gibbosus* (Brulle) en Koufonisi (Archipiélago central del mar Egeo, Grecia) utilizando el método de captura-recaptura. La actividad de la especie y la sincronización en el parto fueron los factores que causaron las fluctuaciones en la densidad de la población y por consiguiente en el porcentaje de actividad de los escorpiones.



Castilla y Pons (2007) publican los primeros datos sobre la población de escorpiones (*Buthus occitanus*(Amoreux)) en las islas Columbretes en el Mediterráneo, España, reportando la densidad de la especie y se hace la primera observación sobre la biología reproductiva de esta especie. Los resultados indican que la densidad de escorpiones en la isla Columbrete Grande (13 ha) es muy alta y variable en zonas con vegetación (0,17-0,79 individuos/m<sup>2</sup>), y muy baja en zonas de roca sin vegetación (0,006 ind/m<sup>2</sup>).

McReynolds (2008) estudió la preferencia de microhábitat de *Centruroides vittatus* realizando comparaciones de uso del microhábitat a diferentes temperaturas o niveles de precipitación, encontrando que la vegetación es un microhábitat importante para *C. vittatus* en el sur de Texas. Los resultados indican la posibilidad de que algunas especies vegetales están asociadas a mayor disponibilidad de presas, también reportan que las perforaciones, y cortezas son utilizadas como un posible refugio.

Quijano-Ravell et al (2011) realizaron un estudio en el cual reconstruyen el ciclo de vida de *Hadrurus gertschi* (Soleglad) en Guerrero, México; empleando datos de campo y de laboratorio, y determinaron el factor de crecimiento de para esta especie y presentan también la fenología de *Hadrurus gertschi* durante un año,

Cala-Riquelme y Colombo (2010) hacen una evaluación de la dinámica poblacional del escorpion, *Microtityus jaumei*Armas, en Sierra de Canasta, Cuba; estudian la abundancia relativa y la Influencia de los factores ambientales sobre la abundancia y reportan que la actividad muestra un aumento durante todo el año y el pico de actividad se relaciona con el período reproductivo de junio a noviembre. La abundancia de los

escorpiones estuvo significativamente relacionada con la densidad de la cubierta y el espesor del sustrato.

Shehab et al. (2011) estudian la ecología y biología de los escorpiones en Palmyra, Siria, encontrando que en el desierto de Siria se encuentran 5 especies de alacranes pertenecientes a 2 familias (4 Buthidae: *Androctonus crassicauda* (Olivier), *Buthacus tadmorensis* (Simon), *Leiurus quinquestriatus* Hemprich & Ehrenberg, *Orthochirus scrobiculosus* (Grube), y 1 Scorpionidae: *Scorpio maurus palmatus* (Hemprich & Ehrenberg)), reportando, que el 80.6% de lo encontrado pertenece a una sola especie de Buthidae (*B. tadmorensis*), la cual presenta las mayores abundancias por estación, por sitio y por tipo de muestreo (pitfall vs colecta directa). La comparación por familia es de 97% de Buthidae y 3% de Scorpionidae. Se registra que por tipo de trampa la pitfall presenta mayor eficiencia.

Quijano-Ravell et al. (2012a) estiman la densidad, distribución espacial y biomasa de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones, Iuridae) en una localidad de Guerrero; presentando datos sobre densidad poblacional, actividad superficial, biomasa y otros parámetros poblacionales incluyendo aspectos biológicos de este alacrán fosorial.

Quijano-Ravell et al (2012b) realizan un trabajo con las madrigueras de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones: Iuridae) en una localidad de Guerrero, México, en el cual encontraron 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 realizan la caracterización de las madrigueras para cada estadio.

Debido a la importancia médica que tienen los alacranes, particularmente los de la familia Buthidae, es relevante conocer su situación en las diferentes regiones en las que su

presencia puede considerarse como un problema de salud pública. Su antigüedad así como su historia evolutiva les hacen organismos muy atractivos para hacer estudios ecológicos, biogeográficos y de comportamiento que permitan una mejor comprensión sobre los mecanismos adaptativos y procesos evolutivos en los artrópodos (Polis 1990a).

En el presente trabajo se trabaja con poblaciones de *Centruroides ornatus* para determinar aspectos ecológicos como: densidad, abundancia, biomasa, actividad superficial y estructura, en dos poblaciones dentro de la cuenca de Cuitzeo, seleccionadas a partir de lo que se conoce sobre la distribución de esta especie, registrando la variación estacional en las condiciones climáticas básicas que tienen relación con la actividad superficial de los alacranes como son la temperatura, humedad relativa, y precipitación.

Siendo *Centruroides ornatus* una especie de importancia médica reconocida como uno de los problemas de salud pública en el Estado de Michoacán, es relevante conocer su comportamiento poblacional y sus características ecológicas, lo cual ayudará a un mejor manejo de las poblaciones en la región, disminuyendo el riesgo de picaduras y un uso potencial de la especie.

#### IV. OBJETIVOS

- **Determinar la identidad taxonómica de las poblaciones de alacranes determinados como *Centruroides ornatus*, mediante técnicas morfológicas y morfométricas.**
- **Comparar los parámetros ecológicos de dos poblaciones de *C. ornatus* dentro de la Cuenca de Cuitzeo, en Michoacán.**
- Establecer aspectos básicos de la reproducción de *C.ornatus* de la Cuenca de Cuitzeo, en Michoacán.**

##### **Objetivos particulares:**

- 1) Caracterizar morfológicamente las poblaciones en estudio.
- 2) Hacer un análisis morfométrico con técnicas univariadas y multivariadas aplicadas en muestras de cada población, representadas por 5 machos y 5 hembras adultos.
- 3) Establecer el rango de distribución geográfica de *Centruroides ornatus* en el centro-occidente de México.
- 4) Establecer la densidad, proporción sexual, estructura de edades y fenología de las poblaciones en estudio.
- 5) Determinar el patrón de distribución espacial considerando adultos, juveniles y total de la población en cada sitio de trabajo.
- 6) Establecer el patrón de actividad superficial.
- 7) Describir la fluctuación poblacional (en términos de densidad) durante un ciclo anual para cada sitio.
- 8) Estimar la biomasa en peso fresco y peso seco para cada estadio de la población en cada sitio y estación del año.
- 9) .Establecer épocas de apareamientos, gestación, parto y reclutamiento.
- 10) Determinar el tamaño de camadas considerando crías y embriones por hembra.

## V. RESULTADOS.

### **CAPITULO I. Determinar la identidad taxonómica de las poblaciones de alacranes en México determinadas como *Centruroides ornatus*, mediante técnicas morfológicas, y morfométricas.**

Para este capítulo se trabajaron ejemplares depositados en la Colección Aracnológica de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y de la Colección Aracnológica del Instituto de biología de la UNAM y se realizó colecta de ejemplares de la localidad tipo determinada Pocock 1902 .

Como resultado del trabajo de tesis “Identidad taxonómica y estudio bionómico de *Centruroides ornatus* Pocock 1902 (Scorpiones: Buthidae) en México” se encontró que con base en las características morfológicas 4 poblaciones del estado de Jalisco y 2 de Michoacán no corresponden con la especie en estudio, por lo cual se procedió a revisar otras características relevantes (conteo, ornamentaciones), determinando a estas poblaciones con características suficientes que indican que pertenecen a especies diferentes entre ellas y con la especie en estudio. se escribieron tres artículos para publicación en revista indizada;

- 1) **“Redescripción de *C. ornatus* Pocock 1902 basado en topotipos del Norte del Río Santiago” (Aceptada en Revista Iberica de Aracnología).**
- 2) **A new species of scorpion of the genus *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) from the state of Michoacán, Mexico. (Aceptada en Revista Mexicana de Biodiversidad).**
- 3) **“Descripción de cuatro nuevas especies de *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) del Oeste de Jalisco, México”. (Enviada a Revista Mexicana de Biodiversidad).**

## **Artículo 1.**

### **Redescription of *Centruroides ornatus* Pocock, 1902 (Scorpiones: Buthidae) a montane scorpion from Central Mexico**

\*Javier Ponce-Saavedra<sup>1</sup>, Ana F. Quijano-Ravell<sup>1</sup>, Rolando Teruel<sup>2</sup> & Oscar F. Francke<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Entomología “Biol. Sócrates Cisneros Paz”, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Edificio B-4, 2º piso. Ciudad Universitaria, 58060 Morelia, Michoacán, México.

<sup>2</sup>Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BIOECO), Museo de Historia Natural “Tomás Romay”; José A. Saco # 601, esquina a Barnada, Santiago de Cuba 90100, Cuba.

<sup>3</sup>Colección Nacional de Arácnidos, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apto. Postal 70–153, C. P. 04510, México, D. F., México.

\*Correspondencia: [ponce.javier0691@gmail.com](mailto:ponce.javier0691@gmail.com)

## **Abstract**

The scorpion *Centruroides ornatus* Pocock 1902, is herein redescrbed based upon 17 toptype specimens collected from north of Santiago river, Jalisco, México.

Key words: Taxonomy, toptypes, scorpions, Jalisco

## **Resumen**

Se redescrbe *Centruroides ornatus* Pocock 1902, basado en 17 ejemplares toptípicos colectados al norte del río Santiago, Jalisco, México.

Palabras clave: Taxonomía, topotipos, alacranes, Jalisco.

## Introduction

The family Buthidae has 91 genera and 1044 species worldwide (Rein, 2015). The genus *Centruroides* Marx, 1890 includes 85 species native to the New World, and 42 of them (two with subspecies-rank taxa) occur in Mexico (Ponce-Saavedra & Francke, 2013; Rein, 2015; Teruel *et al.*, 2015; Teruel *et al.*, in press). These are distributed from the southern United States to northern South America, including the Galapagos Islands and the Antilles (Fet & Lowe, 2000). In Mexico, *Centruroides* is the only genus of medical importance and it has been studied mainly from the point of view of toxicological and epidemiological concerns. However, there are large gaps in knowledge in terms of diversity, distribution and associated factors of this genus (Miranda, 2001; Hernández, 2002; Ponce-Saavedra, 2003).

The family Buthidae has an extensive distribution in Mexico, with species found in different types of vegetation and some with wide known geographical distribution, such as *C. limpidus* (Karsch, 1879) in the Balsas River Depression, *C. infamatus* (C. L. Koch, 1844) in the centre of the country, *C. gracilis* (Latreille, 1804) towards the Southeast, *C. exilicauda* (Wood, 1863) in the Baja California Peninsula, and *C. vittatus* (Say, 1821) in the northeast of the country and the U. S. A. (Beutelspacher-Baigts, 2000; Gonzalez-Santillan, 2001; Ponce-Saavedra & Moreno-Barajas, 2005; Ponce-Saavedra & Francke, 2013).

The genus *Centruroides* is by far the most common and diverse of the family Buthidae in Mexico. The only other genus of this family confirmed to occur in the country is *Chaneke* Francke, Teruel & Santibáñez-López, 2014, which currently includes only two

species: one in southeastern Guerrero State and another in the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca.

The taxonomy of some species of *Centruroides* is problematic. Several described species are morphologically very similar altogether and remain incorrectly diagnosed, to the extent that their separation is difficult. This has led to repeated misidentifications and erroneous reports of wide distributions, while actually distinct and not so cryptic species have been lumped into a “highly variable” single taxon (Miranda, 2001; Hernández, 2002; Towler *et al.*, 2001; Ponce-Saavedra & Vázquez, 2007). One of those problematic species is *Centruroides ornatus*, which was described by Pocock (1902) from at least two specimens collected by the well-known German botanist Karl Moritz Schumann in a locality vaguely indicated as "Mexico, Jalisco, north of the Rio de Santiago" [sic]. In the original description, Pocock (1902) explicitly regarded *C. ornatus* as closely related to *Centruroides elegans* (Thorell, 1876), but Hoffmann (1932) downgraded it to a subspecies of *C. infamatus* based on the color pattern of carapace, size, and geographical distribution. This taxonomic arrangement was kept by Fet & Lowe (2000), but Beutelspacher-Baigts (2000) treated *C. infamatus ornatus* as merely a "form" of *C. infamatus*, without formal taxonomic recognition. Both Miranda (2001) and Ponce-Saavedra (2003), who studied this taxonomic problem, concluded that *C. ornatus* must be regarded as a valid species; nevertheless, such nomenclatural change was not formally introduced until Armas and Martín-Frías (2008). The genetic divergence reported by Towler *et al.* (2001), as well as the morphological and morphometric differences exposed by Ponce-Saavedra (2003) and Ponce-Saavedra & Moreno-Barajas (2005), all supported such change.

It must be mentioned here, however, that none of those studies actually revised Pocock's original syntypes, nor topotypic specimens of *C. ornatus*, a couple of handicaps



that cast some doubts about the accuracy of those results. For this reason, we decided to track the locality declared in the original description by Pocock (1902), and succeeded in obtaining a good series of topotypes that allowed us to prepare a complete redescription of *C. ornatus* and define its correct diagnosis against its close-relative *C. infamatus* and other similar species.

Taxonomic problems in scorpions have long been solved using the traditional characters of morphology, mainly by comparing specimens directly to the types of described taxa; although more recently, multivariate statistical analysis have also been incorporated. Morphometric analysis represents a useful tool for the recognition of differences between populations and the possible presence of two or more cryptic taxa in a determined region (Ponce-Saavedra, 2003; Ponce-Saavedra *et al.*, 2009; Santibáñez-López & Ponce-Saavedra, 2009; Miranda, 2012; Baldazo-Monsivaiz *et al.*, 2013, and multivariate morphometric analyses have been incorporated into the present study.

## **Methods and Material**

In total, 17 topotypic specimens (3 males, 7 females, 7 juveniles) are used for the redescription of *Centruroides ornatus*. These were collected by diurnal search under bark, rocks, and dead stumps from one locality north of the Santiago River in Jalisco, Mexico. Although imprecise in the original description (Pocock, 1902: 26), we narrowed down the search for this type-locality area by consulting available maps of the routes and paths available by the time the type-series was collected by Schumann (date not specified, but obviously earlier than 1902, which is the species publication year).

These specimens were directly compared to all other samples previously identified as *C. ornatus* from the following arachnid collections: CAFBUM (Laboratorio de Entomología "Biol. Sócrates Cisneros Paz", Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México), CNAN (Colección Nacional de Arácnidos, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México), and RTO (personal collection of Rolando Teruel, in Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BIOECO), Santiago de Cuba). During the present study, additional samples were obtained from other localities where *C. ornatus* had been recorded but no specimens were available to us; the collections were made by both diurnal search (see above) and night sampling with standard commercial UV lamps (approx. 360 nm wavelength).

The localities of the populations previously identified as *C. ornatus* were plotted on a map with Seaturtle.org's Maptool and the distribution pattern analyzed (fig. 1).

## **Systematics**

*Centruroides ornatus* Pocock, 1902

(Figures 2–5; Tables I-II)

*Centruroides ornatus* Pocock 1902: 20–21, 26, 69; pl. 6, fig.3, 3a–b. Ewing, 1929: 21.

Armas & Martín-Frías, 2008: 14, 15. Ponce-Saavedra & Francke, 2013a: 59; Ponce-Saavedra & Francke, 2013b: 77; Ponce-Saavedra & Francke, 2013c: 813-815; Quijano-Ravell & Ponce-Saavedra, 2014: 18, 19; Ponce *et al.*, 2015: 67, 69.

*Centruroides infamatus ornatus* Hoffmann, 1932: 308, 329, 334–335, 337, 345; figs. 90–91. Díaz-Nájera, 1964: 19, 24, 25, 27; Díaz-Nájera, 1966: 111, 115; Díaz-Nájera, 1975: 3, 26, 27; Stahnke & Calos, 1977: 118. Francke, 1984: 98; Kovařík, 1998: 107; Fet *et al.*, 2000: 401; Lourenco & Sissom, 2000: Appendix 5.1, 133; Martín-Frías & Armas, 2001:

313, 315; table 1; Armas *et al.*, 2003: 6-7; González-Santillán, 2004: 26; Ponce-Saavedra & Moreno-Barajas, 2005: 48, 49.

*Centruroides infamatus* f. *ornatus*: Beutelspacher-Baigts, 2000: 5–6, 16, 18, 29. Ponce-Saavedra & Beutelspacher-Baigts, 2001: 28, 35, 38, 46, 84.

*Rhopalurus testaceus ornatus*: Meise, 1934: 31.

*Centrurus infamatus ornatus*: Díaz-Nájera, 1966: 115.

**Diagnosis (emended).** Adult size moderate for the genus (males 40–50 mm, females 35–54 mm). Base color light yellowish to reddish brown, carapace densely spotted with blackish brown; tergites with two blackish stripes of variable width that define two dark bands separated by a pale band; pedipalps faintly infusate; metasoma with all carinae infusate to blackish. Pedipalps standard-sized and moderately hirsute; manus oval (length/width ratio 2.00–2.12 in males, 1.88–2.00 in females), with carinae weak and feebly granulose, internal surface with many sharp, small granules; fingers with eight principal rows of denticles, basal lobe/notch combination moderate. Metasoma moderately elongate and slender, essentially parallel-sided, with 10/8/8/8/3 (male) to 10/8/8/8/5 (female) complete, moderately to strongly developed carinae; dorsal lateral carinae without conspicuously enlarged terminal denticles; intercarinal spaces coriaceous, with few granules scattered on I only. Telson: incrassate oval; vesicle coriaceous, subaculear tubercle small and conical. Pectines with 19–24 (mode 21) teeth in males and 17–23 (mode 18) in females; female basal plate with posterior margin widely convex to essentially straight, and medially with a shallow transverse depression.

**Description** (adult male topotype). Coloration (figs. 2–3a-k, 5a): base color yellowish brown, paler on venter and legs. Chelicerae manus densely reticulate with blackish brown, with the distal part and fingers pale immaculate. Pedipalp trochanter, femur, patella, and external surface of manus densely infuscate, fingers vestigially infuscate. Carapace densely and symmetrically spotted with blackish brown, especially on posterolateral areas and on both sides of median axis as two very broad, irregular dark stripes. Tergites with two broad, irregular, dark longitudinal stripes, separated by a pale stripe only partially (faintly connected along posterior part of every tergite). Venter essentially immaculate, only with lateral areas of every sternite and posterior region of VII diffusely infuscate, sternite VII with submedian and lateral carinae deeply infuscate; pectines pale yellowish. Legs dorsally infuscate. Metasoma with all segments same-colored, with all carinae moderately to deeply infuscate, and intercarinal spaces diffusely and irregularly spotted with dark brown. Telson with distal half of vesicle diffusely stained with dark brown, aculeus infuscate with the distal half dark reddish.

Chelicerae (fig. 3g) with dentition typical for the genus, teeth sharp. Tegument smooth, dorsodistal portion of manus with coarse and glossy granules arranged transversally, defining a flat area. Setation very dense ventrally, but essentially lacking dorsally, except for seven rigid macrosetae around flat area of manus.

Pedipalps: size proportionate to body (i.e. not particularly slender or robust), orthobothriotaxic A- $\alpha$ . Trochanter densely setose, with  $\approx 20$  macrosetae along anterior margin. Femur (fig. 3d) slightly curved inwards distally, internal margin with  $\approx 20$  setae of various sizes, all carinae strong, coarsely granulose to subdentate. Intercarinal spaces coriaceous, except dorsally finely granulose. Patella (fig. 3e) straight, with all carinae moderate to strong, granulose to subcrenulate except for those on the internal surface,

which are subtly dentate; intercarinal spaces finely and densely granulose. Chela (fig. 3f) moderately elongate and setose, manus as wide as patella (ratio 1.00), oval (2.00 times longer than wide), with all carinae weak and subgranulose, intercarinal spaces coriaceous except on internal surface which possesses abundant small, conical granules. Fingers long and evenly curved, moderately setose, with apices remarkably narrow and curved, and the basal lobe/notch combination moderate; fixed finger with eight principal denticle rows; movable finger with 7–8 (the two —basal most rows are irregularly fused), plus an apical subrow of four denticles basal to terminal denticle.

Carapace (fig. 3a): trapezoidal and as long as wide; anterior margin widely V-shaped, smooth, with three pairs of macrosetae, posterior margin with medium to large granules all along, lateral margins finely granulose. Carination essentially absent: the only clearly distinguishable carinae are the superciliary—strong, formed by coarse, irregularly fused granules, and the central medians and posterior medians—irregularly fused, strong, formed by isolate, coarse granules. Intercarinal spaces very finely and densely granulose, with abundant coarse granules scattered all over dark areas.

Sternum (fig. 3j): standard for the genus: type 1, relatively small, longer than wide, and triangular in shape, with two pairs of macrosetae; tegument finely and densely granulose.

Genital operculum (fig. 3j): relatively small, each valve subtriangular in shape, with three pairs of macrosetae, tegument smooth and glossy. Genital papillae slightly exposed.

Pectines (fig. 3j): standard-sized for the genus (slightly extending beyond leg IV trochanter), subrectangular and moderately setose; tooth count 22/22. Basal plate rectangular, much wider than long (Table I); anterior margin with a deep, narrow anteromedian notch; posterior margin essentially straight; tegument smooth and glossy.

Legs: slender, with all carinae finely subserrate to costate; intercarinal tegument coriaceous except on dorsal surface of trochanter and femur (densely covered by medium to small granules). Tibial spurs absent, prolateral and retrolateral pedal spurs well developed on all legs. Ventral surface of all telotarsi very densely covered by long, dark macrosetae not arranged into rows, without median row of spinules. Claws long, strongly curved.

Mesosoma (fig. 3b): tergites with the same sculpture as on carapace; median longitudinal carina strong, coarsely granulose to subserrate, II–VI with irregular traces of an accessory pair of submedian carinae, VII with submedian and lateral carinae long, strong, coarsely granulose. Sternites (fig. 3c) sparsely setose; III–VI acarinate and glossy but minutely and densely punctate and granulose, especially on lateral areas; spiracles relatively long, slit-like; V with smooth patch vestigial and translucent; VII with submedian and lateral carinae long but not reaching anterior or posterior margins, slightly granulose; intercarinal tegument very finely and densely granulose.

Metasoma (fig. 3h-i): moderately elongate and essentially parallel-sided (width of segment I > II > III = IV = V), sparsely setose. With 10/8/8/8/3 complete to essentially complete carinae: dorsal lateral carinae strongly subserrate to subdenticulate on I–III, weaker on IV, absent on V; lateral supramedian carinae strongly subserrate on I–III, weakly subserrate on IV, essentially absent on V (barely indicated by a smooth basal edge); lateral inframedian carinae strongly serrate on I, absent on II–V; ventral lateral carinae strongly subcrenulate on I–IV, very weakly subgranulose on V; ventral submedian carinae strongly serrate to subserrate on I–III, weakly subserrate on IV, absent on V; ventral median carina absent on I–IV, weakly subgranulose on V. Intercarinal tegument coriaceous, with small and medium-sized granules scattered on I only. Dorsal furrow moderately deep in all segments.

Two pairs of ventrolateral macrosetae, plus some inconspicuous microsetae scattered over all carinae.

Telson (fig. 3k): moderately setose. Vesicle incrassate oval (1.81 times longer than wide, 1.07 times wider than deep), tegument coriaceous; ventral median carina vestigial, ending in a subaculear tubercle—small, widely conical, not particularly close nor separated from base of aculeus. Aculeus strongly curved, shorter than vesicle.

**Female** (topotype: figs. 4a-k; 5b, 5d; Tables I, II). In general, similar to the male, but sexual dimorphism is evident by: **1)** pedipalp manus shorter and more round in shape; **2)** genital papillae absent; **3)** pectines somewhat narrower and shorter (not reaching the coxa-trochanter joint of leg IV), with slightly lower tooth count; **4)** basal pectinal plate larger, with a shallow transverse central depression; **5)** mesosoma markedly wider, with sides strongly convex; **6)** metasomal segments and telson somewhat shorter and more robust; **7)** metasomal segments with better developed carinae, especially on IV–V.

### ***Centruroides ornatus* as species**

**Distribution** (fig. 1): The precise distribution of *C. ornatus* was controversial and not satisfactorily clarified as a clear geographic pattern, because of the prevailing taxonomic confusion concerning the different populations of this species and its close relatives such as *C. infamatus*. It now becomes clear that this species is widespread but endemic from the central high plateau of the Transverse Volcanic Belt, along the northern part of the states of Michoacán and the adjoining parts of eastern Jalisco and southern Guanajuato. It is likely to occur also in bordering parts of the states of Querétaro and México, but we have not examined samples from these regions, despite recent searches.

**Variation.** Adult size varied from 40.4–49.8 mm in males and 35.1–54.3 mm in females. The samples examined contain up to three size-classes among adults of each sex in every population, and inside each size-class males are slightly longer than females (Table I), meeting the standard for most *Centruroides* spp. As usually observed amongst scorpions, smaller adults invariably exhibit the weaker expression of secondary sexual dimorphic characters such as carination development and morphometric ratios of pedipalps and metasoma, i. e., small males are more similar to standard females and small females can be confused with subadults.

The coloration is also somewhat variable (as expected for a widely distributed scorpion), but affects only shades and extension of spots, not the color pattern itself, i.e., there are no disruptive patterns (fig. 5a-d). The coloration is remarkably homogeneous across all populations that inhabit the highlands of the Transverse Volcanic Belt above 1,500 m altitude: base ferruginous yellow, spots blackish and very compact, all metasomal carinae blackish (fig. 5a-b). But as altitude decreases and climate turns hotter and drier (e.g., towards the type locality), coloration becomes unstable: the base color varies from light yellowish to grayish-yellow, and the spotted pattern (including metasomal carinae infuscation) is denser and goes from dark brown to pitch black, with the entire scorpion looking melanic to unaided eye (fig. 4c-d); all this variation can be found even in a single population, such as the type locality itself (fig. 5a-d).

The character of tergites having “the two dark stripes compact and conspicuously wider than intermediate pale stripe”, traditionally used to diagnose *C. ornatus* against *C. infamatus*, is no longer valid: according to our personal unpublished data, there is high variability both within and between populations of both species.



Pectinal tooth counts varied in the pooled sample as follows (Table II): 19–24 in males, 17–23 in females, with a defined mode of 21 in males and 18 in females; as usual for buthids, males are remarkably less variable than females for this character (Armas, 2009). Amongst different populations, we found evidence of a geographic continuous variation (= cline); the lowest counts are found roughly in the center of the distributional range, and progressively increase towards both western and eastern extremes. This confirms the data taken by Hoffmann (1932: 334–335) from specimens collected mostly at Chapala: 20–22 in males, 19–21 in females.

Related to this, the pectinal basal plate also varies in both sexes. In males, the posterior margin of the plate is always essentially straight, but the anterior margin varies from shallowly to deeply notched. In females, the posterior margin varies from widely convex to essentially straight. Both examples of variation are present within the same populations. Thus, the shape of this structure, which is frequently used to distinguish between closely-related species of Mexican *Centruroides*, lacks any diagnostic value for *C. ornatus*.

The number of principal rows of denticles in pedipalp fingers is predominantly eight in both fingers. Nevertheless, the condition herein described for the topotype male (two basal most rows irregularly fused, yielding an imprecise count of 7–8) is very frequent in all populations, and even it is common to find individuals with asymmetric counts between both pedipalps. The apical subseries of movable finger are usually composed of four granules, but we observed casual reduction to three in some specimens scattered all over the geographical range of the species.

The subaculear tubercle is another variable structure, *i.e.* it covers the entire range from very small to strong, even though it is never long, slender spiniform.

**Ecological Notes.** This species seems to be a medium-altitude scorpion. In accordance with our personal captures and collection samples with reliable data, all known populations occur from altitudes of 970 m at the type locality up to 2,430 m at the Cerro de Quinceo (Morelia, Michoacán).

It is usually very common in semi natural to undisturbed habitats such as pine-oak forests and tropical deciduous forests, where it occurs on the ground under and inside rocks and fallen logs. Further, it also inhabits secondary grasslands where it hides almost exclusively under bark of dry, dead tree stumps.

Without being a strictly synanthropic scorpion, it readily colonizes human habitations in small towns and villages, but also in the peripheral, expanding neighborhoods of large cities such as Irapuato (Guanajuato), Morelia, and La Piedad (Michoacán).

**Remarks.** Hoffmann's (1932) interpretation of *C. ornatus* seems to have been mostly accurate: his description and photographs are consistent with our specimens, and the locality he selected to represent the species (Isla de los Alacranes, Jalisco) was sampled by us and found to be inhabited only by *C. ornatus* and an undescribed Vaejovidae of the genus *Thorellius* Soleglad & Fet, 2008. Nevertheless, Hoffmann (1932: 335) also mentioned that this scorpion is common in Atenguillo, which is located also in Jalisco but more than 130 km west of the nearest records of *C. ornatus* confirmed by us, thus, we regard this record as verification-pending.

Interestingly, despite the confusion prevailing on the identity of *C. ornatus*, one of its oldest literature records proved to be correct: Ewing (1929) mentioned to have studied a

single specimen from Atotonilco (Jalisco) in Baerg's historical collection, and we positively identified additional samples from this locality (see below).

Annually, many scorpion stings are recorded in the study area causing various symptoms that threaten health and sometimes even produce death; for example, in the period 2011-2012 were reported approximately 7,000 cases of scorpion stings in areas where *C. ornatus* inhabits in the state of Michoacán, and there were 4 children deaths; this species is recognized as a median to highly toxic species for humans (Ponce-Saavedra & Francke, 2013c; Ponce-Saavedra *et al.* 2015).

**Material Used for Redescription.** MEXICO: **Jalisco:** Ixtlahuacán del Río Municipality: Xalitla: El Ancón, north of Santiago River; 20.83°N - 103.32°W; 975m a.s.l.; August 9, 2014; coll. J. Ponce-Saavedra, R. Teruel, A. F. Quijano, E. Oliveros; 1♂, 3♀♀ topotypes (CAFBUM), 2♂♂, 4♀♀, 7 juvenile topotypes (RTO).

**Other Material Examined.** MEXICO:

**Jalisco:** Atotonilco Municipality: km 7 of road Atotonilco-Tototlán; 20.5°N -102.5°W; 1,450m a.s.l.; June 6, 2014; coll. J. Ponce, A. F. Quijano, E. Oliveros; 2♂♂ (CAFBUM).  
Chapala Municipality: Chapala; 2010 [without further data]; 6♂♂, 5♀♀, 2 juveniles (RTO: Sco-0501). Mesa del Ocote; 20.307706°N -103.197772°W; 1548m a.s.l.; August 7, 2012; coll. M. Vázquez, J. Ascencio; 2♂♂, 2♀♀ (CNAN). Isla de los Alacranes; 20.251389°N - 103.171944°W; 1528m a.s.l.; December 6, 2012; coll. J. Ponce, A. F. Quijano, V. Guzmán; 2♂♂, 5♀♀ (CAFBUM). Ixtlahuacán del Río Municipality: km 3 crossroads of the town; 21.0002768°N -103.166794°W; 1872m a.s.l.; July 7, 2005; coll. O. Francke; 1♀ (CNAN-503420). La Barca Municipality: La Barca; 20.319722°N -102.539297°W; 1536 m a.s.l.;

June 6, 2014; coll. J. Ponce, A. F. Quijano, E. Oliveros; 1♂, 1♀ (CAFBUM). Poncitlán Municipality: Environs of Celanese Hunting Club, km 2.8 of road Poncitlán-Ocotlán; 20.346047°N -102.790816°W; 1,560–1,605m a.s.l.; August 10, 2014; coll. J. Ponce, R. Teruel, A. F. Quijano, E. Oliveros; 1♂, 2♀♀ (CAFBUM); 2♂♂, 1♀ (RTO). Zapopan Municipality: Ixcatan: Mirador El Oasis; 20.84°N -103.399999°W; 1151 m a.s.l.; August 9, 2014; coll. J. Ponce, R. Teruel, A. F. Quijano, E. Oliveros; 1♂, 2♀♀, 1 juvenile (CAFBUM); 1♀, 1 juvenile (RTO)

**Guanajuato:** Acámbaro Municipality: Sierra de los Agustinos; 20.154167°N - 100.583333°W; 2096 m a.s.l.; June 16, 2007; coll. J. Ponce, A. F. Quijano, J. J. Torres; 2♂♂, 2♀♀ (CAFBUM). Irapuato Municipality: Irapuato; 20.671667°N -101.346666°W; 1730 m a.s.l.; 2013–2014; coll. I. Corral; 4♂♂, 1♀ (RTO). Pénjamo Municipality: San Isidro; 20.316925°N -101.666707°W; 1739m a.s.l.; April 17, 2013; coll. A. Quijano, J. Báez, C. Zamora, M. Romero, G. Nájera; 8♂♂, 12♀♀, 4 juveniles (CAFBUM). Salamanca Municipality: Salamanca; 20.567°N -101.2°W; 1716 m a.s.l.; July, 2012; coll. ; M. A. López; 2♂♂, 4♀♀, 2 juveniles (CAFBUM). Salvatierra Municipality: Salvatierra; 20.208889°N -100.881666°W; 1774 m a.s.l.; July, 2012; coll. M.A. López; 2♂♂, 3♀♀, 1 juvenile (CAFBUM). Acámbaro Municipality: Valle Cuauhtémoc; 20.09394°N - 100.711277°W; 1996 m a.s.l.; May 18, 2013; coll. J. Ponce; 4♂♂, 4♀♀ (CAFBUM). Yuriria Municipality: 7 km road Yuriria-Salamanca; 19.992062°N -100.722484°W; 1743m a.s.l.; August 6, 2012; coll. J. Ponce, A. Quijano, J. Báez y G. Nájera; 4♂♂, 5♀♀ (CAFBUM).

**Michoacán:** Álvaro Obregón Municipality: Álvaro Obregón; 19.823°N -101.038°W; 1450m a.s.l.; January, 19, 2013; coll. A. Quijano, V. Guzmán, L. Gaona 8♂♂, 12♀♀ (CAFBUM). El Venado; 19.813883°N -101.019422°W; 1852m a.s.l.; January 19, 2013;

coll. A. Quijano, V. Guzmán, L. Gaona; 11♂♂, 36♀♀, 12 juveniles (CAFBUM). Felipe Carrillo Puerto; 19.896069°N -101.046277°W; 1840m a.s.l.; January 19, 2013; coll. A. Quijano, V. Guzmán, L. Gaona; 7♂♂, 12♀♀, 8 juvenile (CAFBUM). Chehuayito; 19.892014°N -101.079593°W; 1450m a.s.l.; May 12, 2014; coll. A. Quijano, E. Oliveros, D. Sánchez; 14♂♂, 32♀♀, 6 juveniles (CAFBUM). Charo Municipality: dirty road to El Vaquerito; 19.686016°N -100.988725°W; 2183m a.s.l.; July 17, 2014; coll. J. Ponce, R. Teruel, L. F. de Armas, A. F. Quijano; 6♂♂, 7♀♀, 1 juvenile (CAFBUM). Churintzio Municipality: Puente Huapamacato, km 32 of highway Guadalajara-Mexico City; 20.162506°N -102.122139°W; 1774m a.s.l.; August 10, 2014; coll. J. Ponce, R. Teruel, A. F. Quijano, E. Oliveros; 1♂, 1♀ (CAFBUM); 1♂ (RTO). Coeneo Municipality: Coeneo; 19.812433°N -101.592283°W; 2081m a.s.l.; January 24, 2013; coll. A. Quijano, V. Guzmán, L. Gaona, E. Castillo; 5♂♂, 8♀♀, 2 juveniles (CAFBUM). La Caratacua; 19.765°N -101.723333°W; 2065m a.s.l.; January 24, 2013; coll. A. Quijano, V. Guzmán, L. Gaona, E. Castillo; 9♂♂, 11♀♀ (CAFBUM). Comanja; km 66, campo de tiro; 19.753816°N -101.695433°W; 2097m a.s.l.; January 24, 2013; coll. A. Quijano, V. Guzmán, L. Gaona, E. Castillo; 7♂♂, 5♀♀, 3 Juveniles (CAFBUM). Cuitzeo Municipality: Cuitzeo; 19.966666°N -101.133344°W; 1860m a.s.l.; March, 2013; coll. A. Quijano, V. Guzmán, L. Gaona, E. Castillo; 1♂, 2♀♀ (CAFBUM). Ecuandureo Municipality: Cerro de la Virgen; 20.155833°N -102.2272°W; 1561m a.s.l.; January 25, 2013; coll. A. Quijano, V. Guzmán, L. Gaona, E. Castillo; 9♂♂, 11♀♀ (CAFBUM). Indaparapeo Municipality: Indaparapeo; [without further data]; March, 2003; [without further data]; 9♂♂, 11♀♀ (CAFBUM). Pueblo Viejo; 19.773003°N -100.958832°W; 1928m a.s.l.; January 19, 2013; coll. A. Quijano, V. Guzmán, L. Gaona; 4♂♂, 6♀♀ (CAFBUM). Jacona Municipality: Colonia El Realejo; 19.952583°N -102.320116°W; 1580m a.s.l.; January 26, 2013; coll. A.

Quijano, V. Guzmán, L. Gaona, E. Castillo; 1♂, 2♀♀ (CAFBUM). Jiquilpan Municipality: Fraccionamiento Loma Dorada; 19.980867°N -102.68905°W; 1579m a.s.l.; January 26, 2013; coll. A. Quijano, V. Guzmán, L. Gaona, E. Castillo; 5♂♂, 8♀♀ (CAFBUM). La Piedad Municipality: Puente Santa Ana Pacueco; 20.352619°N -102.023005°W; 2058m a.s.l.; November 2, 2010; coll. U. Torre; 4♂♂, 6♀ (CAFBUM). Morelia Municipality: Noriega; 19.565356°N -101.326142°W; 2034m a.s.l.; May 23, 1992; coll. L. Chávez; 2♂♂, 4♀♀ (CAFBUM). Tiripetío; 19.549333°N -101.345761°W; 2023m a.s.l.; March 28, 1992; coll. L. Chávez; 4♂♂, 6♀♀ (CAFBUM). Cuto de la Esperanza; 19.716917°N -101.333416°W; 2169m a.s.l.; March 7, 2013; coll. L. Chávez; 7♂♂, 10♀♀ (CAFBUM). Cuanajillo; Cerro El Águila; 19.642672°N -101.345224°W; 2247m a.s.l.; July 16, 2014; coll. J. Ponce, R. Teruel, A. F. Quijano; 6♂♂, 15♀♀, 3 juveniles (CAFBUM). Atapaneco; 19.738108°N -101.118844°W; 1889m a.s.l.; April 11, 1992; coll. L. Chávez; 3♂♂, 2♀♀ (CAFBUM). Huandacareo Municipality: Huandacareo; 19.987219°N -101.266677°W; 1854m a.s.l.; April 3, 2009; coll. I. Chavez; 1♂ (CAFBUM). Puruándiro Municipality: Puruándiro; 20.079167°N -101.519569°W; 2077m a.s.l.; June 15, 1990; coll. M. G. Banderas; 1♂; (CAFBUM). Pastor Ortiz Municipality: Colonia Lázaro Cárdenas; 20.286633°N -101.5937°W; 1688m a.s.l.; April 18; 2013; coll. A. Quijano, J. Báez, C. Zamora, M. Romero, G. Nájera; 1♂ (CAFBUM). Sahuayo Municipality: Sahuayo; 20.05595°N -102.738466°W; 1638m a.s.l.; January 25, 2013; coll. A. Quijano, V. Guzmán, L. Gaona, E. Castillo; 2♂♂, 2♀♀, 1 juvenile (CAFBUM). Santa Ana Maya Municipality: Santa Ana Maya; 20.000149°N -101.031175°W; 1839m a.s.l.; November 12, 2014; coll. A. Quijano, E. Oliveros, J. L. Espinoza; 1♂, 2♀♀ (CAFBUM). Tangancicuaro Municipality: Lago de Camécuaro: Cerro de la Cruz; 19.899783°N -102.206983°W; 1699m a.s.l.; January 24, 2013; coll. A. Quijano, V. Guzmán, L. Gaona, E. Castillo; 7♂♂, 11♀♀, 6

juveniles (CAFBUM). Tarímbaro Municipality: Mesón Nuevo; 19.822358°N - 101.168555°W; 1934m a.s.l.; October 11, 2003; [without further data]; 6♂♂, 8♀♀ (CAFBUM). Venustiano Carranza Municipality: San Pedro Caro; Balneario El Grande; 20.117683°N -102.6339°W; 1548m a.s.l.; January 26, 2013; coll. A. Quijano, V. Guzmán, L. Gaona, E. Castillo; 6♂♂, 9♀♀ (CAFBUM). Vista Hermosa Municipality: Rancho La Rosa; 20.2755°N -102.422733°W; 1554m a.s.l.; January 25, 2013; coll. A. Quijano, V. Guzmán, L. Gaona, E. Castillo; 1♂, 1 juvenile (CAFBUM). Yurécuaro Municipality: Yurécuaro; 20.343928°N -102.280905°W; 1539m a.s.l.; May 25, 1994; coll. A. García; 1♂ (CAFBUM). Zacapu Municipality: railroad trail Zacapu; 19.81665°N -101.779266°W; 1968m a.s.l.; January 24, 2013; coll. A. Quijano, V. Guzmán, L. Gaona, E. Castillo; 5♂♂, 2♀♀ (CAFBUM). Zinapécuaro Municipality: km 4 of road to San José del Rincón; 19.856361°N -100.800633°W; 2068m a.s.l.; August 16, 2011; coll. J. Ponce, A. Quijano, L. Alonso, G. Nájera; 3♂♂, 6♀♀ (CAFBUM).

### **Acknowledgments**

We are grateful to Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo for the economic support for field work.

The second author thanks to the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) for financially supporting her graduate studies.

## References

- ARMAS, L. F. DE. (2009). Sinopsis de los escorpiones antillanos. Editorial Ciencia y Técnica, La Habana, 102 pp.
- ARMAS, L. F. DE & E. MARTIN-FRIAS. 2008. El género *Centruroides* Marx, 1890 (Scorpiones: Buthidae) en el Estado de Veracruz, México. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, **43**: 7–22.
- ARMAS, L. F. DE, E. MARTÍN-FRÍAS y J. ESTÉVEZ-RAMÍREZ. 2003. Lista anotada de las especies mexicanas del género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae). *Revista Ibérica de Aracnología*, **8**:93–98.
- BALDAZO-MONSIVAIZ, J., J. PONCE-SAAVEDRA & M. FLORES-MORENO. 2013. Una especie nueva de alacrán del género *Centruroides* de importancia médica (Scorpiones: Buthidae) del estado de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **84**: 100-116.
- BEUTELSPACHER-BAIGTS, C. R. 2000. Catálogo de los alacranes de México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México, 175 pp.
- DÍAZ-NÁJERA, A. 1964. Alacranes de la República Mexicana. Identificación de ejemplares capturados en 235 localidades. *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales*, **24**: 15–30.
- DÍAZ-NÁJERA, A. 1966. Alacranes de la República Mexicana. Clave para identificar especies de *Centruroides* (Scorpionida: Buthidae). *Revista de Investigación de Salud Pública*, **26**(2): 109–123.
- DÍAZ-NÁJERA, A. 1975. Listas y datos de distribución geográfica de los alacranes de México (Scorpionida). *Revista de Investigación de Salud Pública*, **35**:1–36.



- EWING, H. E. 1929. The scorpions of the western part of the United States, with notes on those occurring in northern Mexico. *Proceedings of the United States National Museum*, **73**: 1–24.
- FET, V. & G. LOWE. 2000. Family Buthidae C. L. Koch, 1837. Pp. 54–286, in Fet, V., W. D. Sissom, G. Lowe & M. E. Braunwalder (eds), *Catalog of the scorpions of the world (1758–1998)*. The New York Entomological Society, 690 pp.
- FET, V., W. D. SISSOM, G. LOWE & M. E. BRAUNWALDER. 2000. *Catalog of the scorpions of the world (1758–1998)*. The New York Entomological Society, New York. Pp. 54–286.
- FRANCKE, O. F. 1984. *Centrurus limpidus* Karsch, 1879 and *Centruroides ornatus* Pocock, 1902 (Arachnida, Scorpiones): proposed conservation. Z. N. (S.) 2446. *Bulletin of the Zoological Nomenclature*, **41(2)**: 97–100.
- FRANCKE, O. F., R. TERUEL & C. E. SANTIBAÑEZ-LOPEZ. 2014. A new genus and a new species of scorpion (Scorpiones: Buthidae) from southeastern Mexico. *Journal of Arachnology*, **42**: 220–232.
- GONZALEZ-SANTILLAN, E. 2001. Catálogo de escorpiones de la Colección Nacional de Arácnidos. Tesis de Licenciatura. UNAM. México DF. 146 pp.
- GONZALEZ-SANTILLAN, E. 2004. Diversidad, Taxonomía y hábitat de alacranes. Pp. 25–35, en: García-Aldrete, A. N. & R. Ayala (eds). *Artrópodos de Chamela*. 2004. Instituto de Biología, UNAM. México, 227 pp.
- HERNANDEZ, C. E. 2002. Análisis morfométrico de ocho poblaciones de *Centruroides limpidus* (Karsh) y sus subespecies mediante el uso de técnicas multivariadas. Tesis, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán, México. 86 pp.

- HOFFMANN, C. C. 1931. Monografías para la entomología médica de México.  
Monografía Num. 2, Los escorpiones de México. Primera parte: Diplocentridae, Chactidae, Vaejovidae. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México*, **2(4)**: 291 – 408
- HOFFMANN, C. C. 1932. Monografías para la Entomología Médica de México.  
Monografía Núm. 2. Los escorpiones de México. Segunda parte: Buthidae. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, **3–4**: 243–361.
- KOVAŘÍK, F. 1998. Stiri.(Scorpions).Madagaskar, Jilhava. 175 pp.
- LOURENÇO, W. R. & W. D. SISSOM. 2000. Scorpiones. Pp. 115–135, en Llorente-Busquets, J., & E. González-Soriano (eds), *Diversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. II. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 676 pp.
- MARTÍN FRÍAS, E. & L. F. DE ARMAS. 2001. Estudio taxonómico y biogeográfico de los alacranes mexicanos del género *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae). Principales problemas. Pp. 311–315, en Payán-Porras, T., M. Guerra-Álvarez, A. Flores-Díaz & M. A. Aguayo-Saviñón (eds), *Reflexiones sobre el megaproyecto del Istmo de Tehuantepec. Recursos, problemática y futuro*. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F., 359 pp.
- MEISE, W. 1934. Scorpiones. *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne*, **74**: 25–43.
- MAPTOOL. <http://www.seaturtle.org/maptool>. Accessed: July 2015.
- MIRANDA, L. E. P. 2001. Utilización de técnicas moleculares para la definición del estatus taxonómico de dos especies y subespecies del género *Centruroides* Marx,

- 1890 (Scorpiones: Buthidae). Tesis, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 71 pp.
- MIRANDA, L. E. P., J. PONCE-SAAVEDRA & O. F. FRANCKE B. 2012. Una especie nueva de *Vaejovis* (Scorpiones: Vaejovidae) del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **83**: 966-975.
- POCOCK, R. I. 1902. Arachnida: Scorpiones, Pedipalpi, and Solifugae. Biologia Centrali-Americana. *Zoologia*. Taylor & Francis, London, 71 pp.
- PONCE-SAAVEDRA, J. 2003. Ecología y Distribución del Género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae), en la Depresión del Balsas del Estado de Michoacán. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. Santiago de Querétaro., 276 pp.
- PONCE-SAAVEDRA, J. & C. R. BEUTELSPACHER B. 2001. Alacranes de Michoacán UMSNH. Ediciones Michoacanas. Morelia, Michoacán, México. 103 pp.
- PONCE-SAAVEDRA, J. & R. MORENO-BARAJAS. 2005. El género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) en México. *Biológicas*, **7**: 42–51.
- PONCE-SAAVEDRA, J. & X. J. VAZQUEZ. 2007. Aspectos ecológicos de *Centruroides limpidus limpidus* (Karsch) en una localidad de Zitácuaro, Michoacán. *Entomología Mexicana*, **6 (1)**: 71-75.
- PONCE-SAAVEDRA, J. & O. F. FRANCKE. 2013a. Clave para la identificación de especies de alacranes del género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) en el Centro Occidente de México. *Biológicas*, **15 (1)**: 52-62.
- PONCE-SAAVEDRA, J. & O. F. FRANCKE. 2013b. Actualización taxonómica sobre alacranes del Centro Occidente de México. *Dugesiana*, **20(2)**: 73–79.

- PONCE-SAAVEDRA, J. & O. F. FRANCKE. 2013c. El género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) y su importancia médica en el estado de Michoacán, México. *Entomología Mexicana*, **12**: 811-16.
- PONCE-SAAVEDRA, J., O. F. FRANCKE, H. CANO-CAMACHO & E. HERNANDEZ-CALDERON. 2009. Evidencias morfológicas y moleculares que validan como especie a *Centruroides tecomanus* (Scorpiones, Buthidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **80**: 71-84.
- PONCE-SAAVEDRA, J., I. MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ & ANA F. QUIJANO RAVELL. 2015. Alacranes de importancia médica en la Depresión del Balsas. *Entomología Mexicana* **2**: 66-70.
- QUIJANO-RAVELL, A. F. & J. PONCE-SAAVEDRA. 2014. Actualización taxonómica y distribución de los alacranes del Estado de Michoacán. *Biológicas*, **16(2)**: 17–22
- REIN J. O. 2015. *The Scorpion Files*. Norwegian University of Science and Technology. Available from: <http://www.ntnu.no/ub/scorpion-files/> (Accessed: Abril 2015).
- SANTIBAÑEZ-LOPEZ, C. E. & J. PONCE-SAAVEDRA. 2009. A new species of *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) from the northern mountain range of Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **80**: 321-331.
- STAHNKE, H. & M. CALOS. 1977. A key to the species of the genus *Centruroides* Marx (Buthidae, Scorpionida). *Entomological News*, **88**: 111-120.
- TERUEL, R., J. PONCE-SAAVEDRA & A. F. QUIJANO-RAVELL. *In Press*. Redescription of *Centruroides noxius* Hoffmann, 1932 and description of a closely related new species from western Mexico (Scorpiones: Buthidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*,

- TERUEL, R., F. KOVARIK, J. G. BALDAZO-MONSIVAIS, & D. HOFEREK. 2015. A new species of *Centruroides* of the "nigrovariatus" group (Scorpiones: Buthidae) from southern Mexico. *Revista Ibérica de Aracnología*, **26**: 3–14.
- TOWLER, W. I., J. PONCE-SAAVEDRA, B. GANTENBEIN & V. FET. 2001. Mitochondrial DNA reveals a divergent phylogeny in tropical *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) from Mexico. *Biogeographica*, **77(4)**: 157-172.

## Tables

**Table I.** Measurements of four topotypes of *Centruroides ornatus*. Abbreviations: length (L), width (W), posterior width (Wp), depth (D).

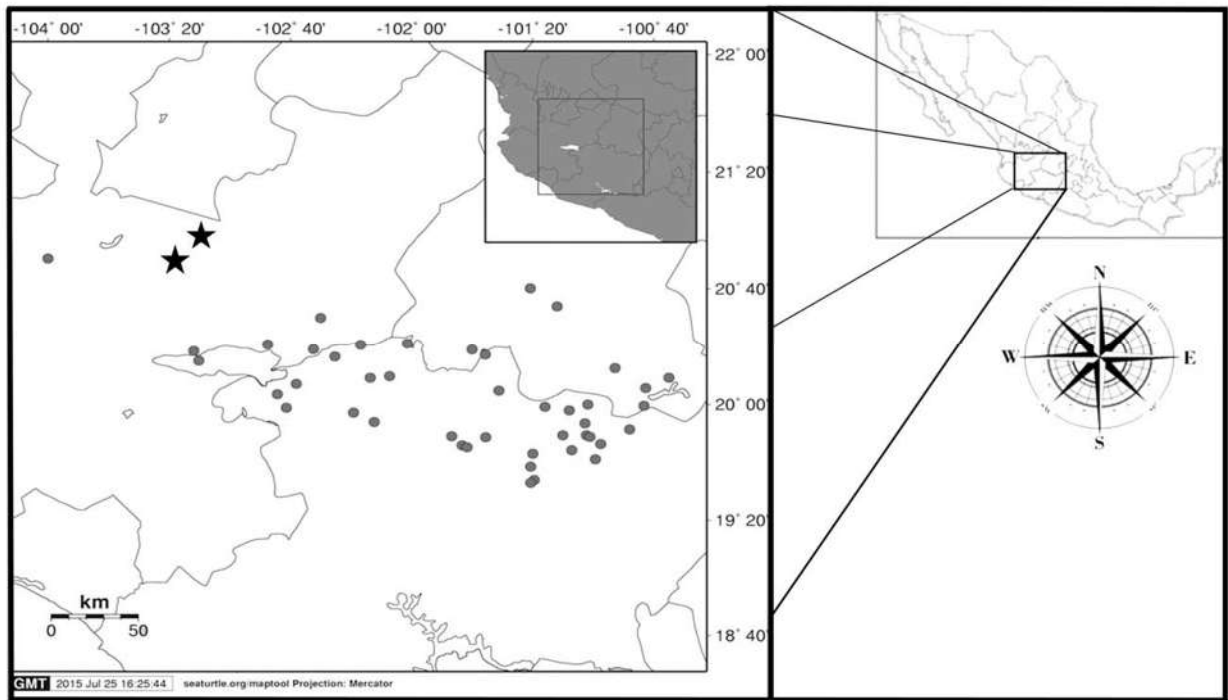
Dimensions(mm)		♂ Topotype	♂ Topotype	♀ Topotype	♀ Topotype	♀ Topotype
Carapace	L/Wp	4.40/4.40	4.30/4.30	5.80/6.10	5.90/5.90	5.70/5.70
Mesosoma	L	12.20	10.90	13.20	15.90	17.20
Tergite VII	L/W	3.20 / 4.00	3.20/4.00	4.40/6.10	4.90/6.50	4.40/6.10
Metasoma	L	30.8	28.8	32.9	31.9	31.4
Segment I	L/W/H	4.00/2.20/1.80	3.30/2.20 /1.90	4.10/3.10/2.60 5.00 / 3.00 /	4.00/3.10/2.70	4.00/3.00/2.60
Segment II	L/W/H	4.80/2.10/1.70	4.50/2.10/1.80	2.50	4.70/3.00/2.70	4.70/2.90/2.60
Segment III	L/W/H	5.20/2.00/1.70	5.00/2.00/1.80	5.40/3.00/2.60	5.10/3.00/2.70	5.00/2.90/2.60
Segment IV	L/W/H	5.80/2.00/1.70	5.50/2.00/1.80	5.90/2.90/2.60	5.70/2.80/2.70	5.60/2.70/2.60
Segment V	L/W/H	6.4/2.00/2.00	6.10/2.00/1.90	6.70/2.70/2.70	6.50/2.80/2.80	6.40/2.70/2.60
Telson	L	4.6	4.4	5.8	5.9	5.7
Vesicle	L/W/H	2.90/1.60/1.50	2.70/1.50/1.50	3.30/2.10/2.00	3.40/2.20/2.20	3.20/2.00/2.00
Aculeus	L	1.70	1.70	2.50	2.50	2.50
Pedipalp	L	18.2	18	22.60	22.1	22.2
Femur	L/W	4.60/1.20	4.50/1.20	5.60/1.70	5.50/1.60	5.50/1.60
Patella	L/W	5.20/1.70	5.10/1.70	6.20/2.30	6.10/2.20	6.00/2.20
Chela	L	8.40	8.40	10.60	10.50	10.70
Hand	L/W/H	3.40/1.70/1.70	3.40/1.70/1.70	4.30/2.20/2.10	4.10/2.10/2.10	4.20/2.10/2.10
Movable finger	L	5	5.00	6.3	6.4	6.5
Pectinal tooth		22-22	22-22	22-23	21-22	21-21
<b>Total</b>	<b>L</b>	<b>47.60</b>	<b>44.10</b>	<b>51.90</b>	<b>53.70</b>	<b>54.30</b>

**Table II.** Pectinal tooth count variation in topotypes of *Centruroides ornatus* .

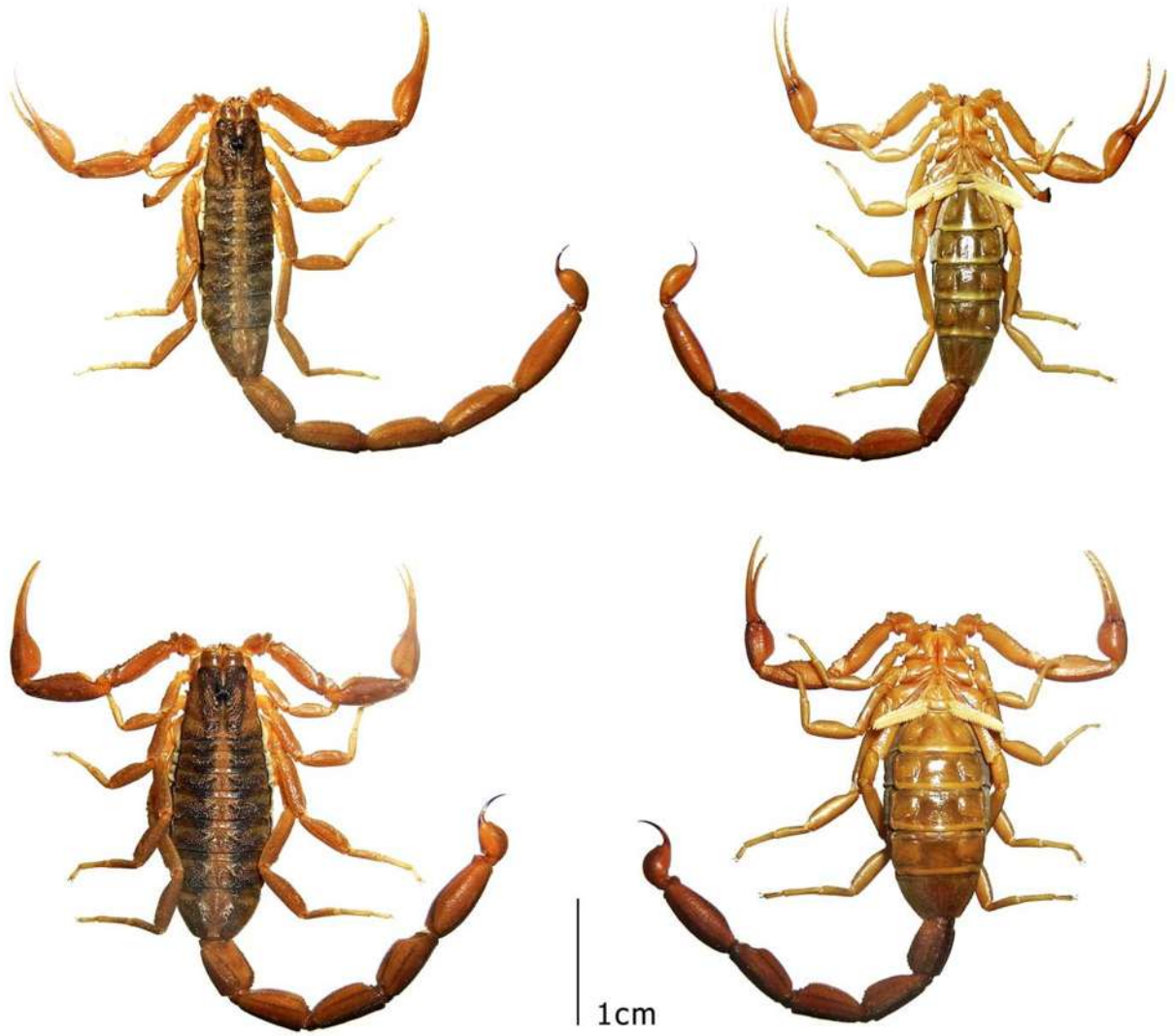
Abbreviations: number of pectines (N).

Species	Sex	N	Pectinal tooth count								Mode
			17	18	19	20	21	22	23	24	
<i>Centruroides ornatus</i>	♂♂	110			5	20	50	29	5	1	21
	♀♀	90	4	37	25	7	12	4	1		18

**Figures.**

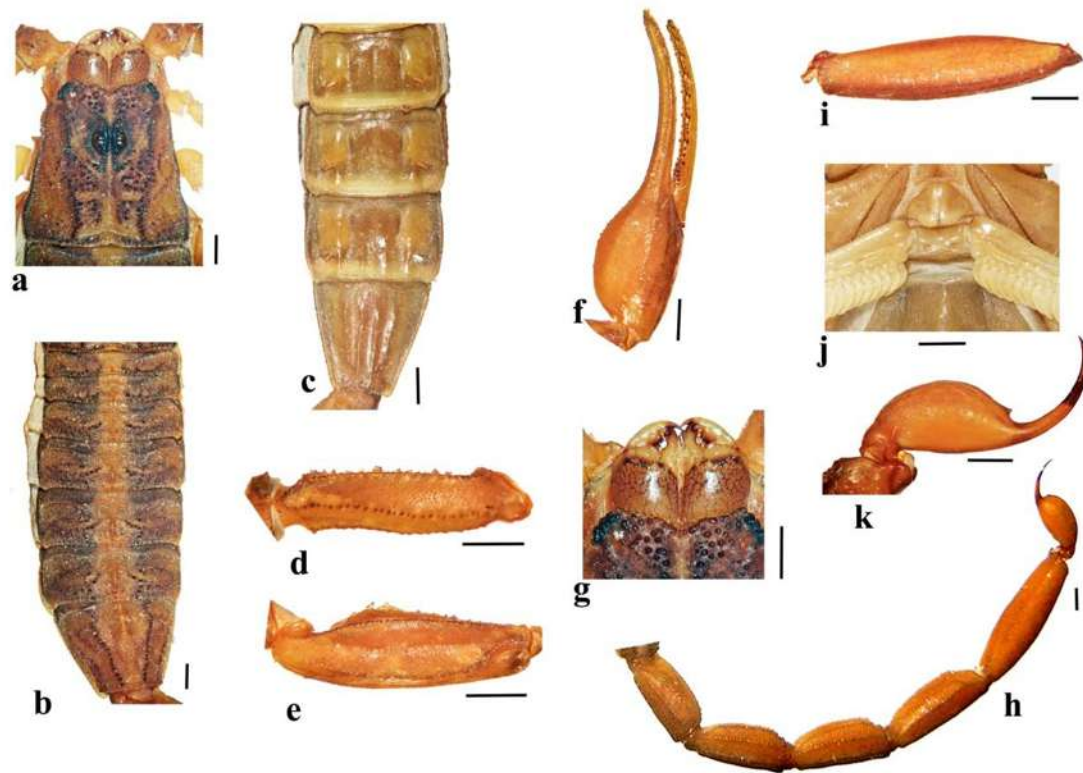


**Figure 1.** Geographical distribution of *Centruroides ornatus* corrected and updated according to the present data. Type localities Satrs.

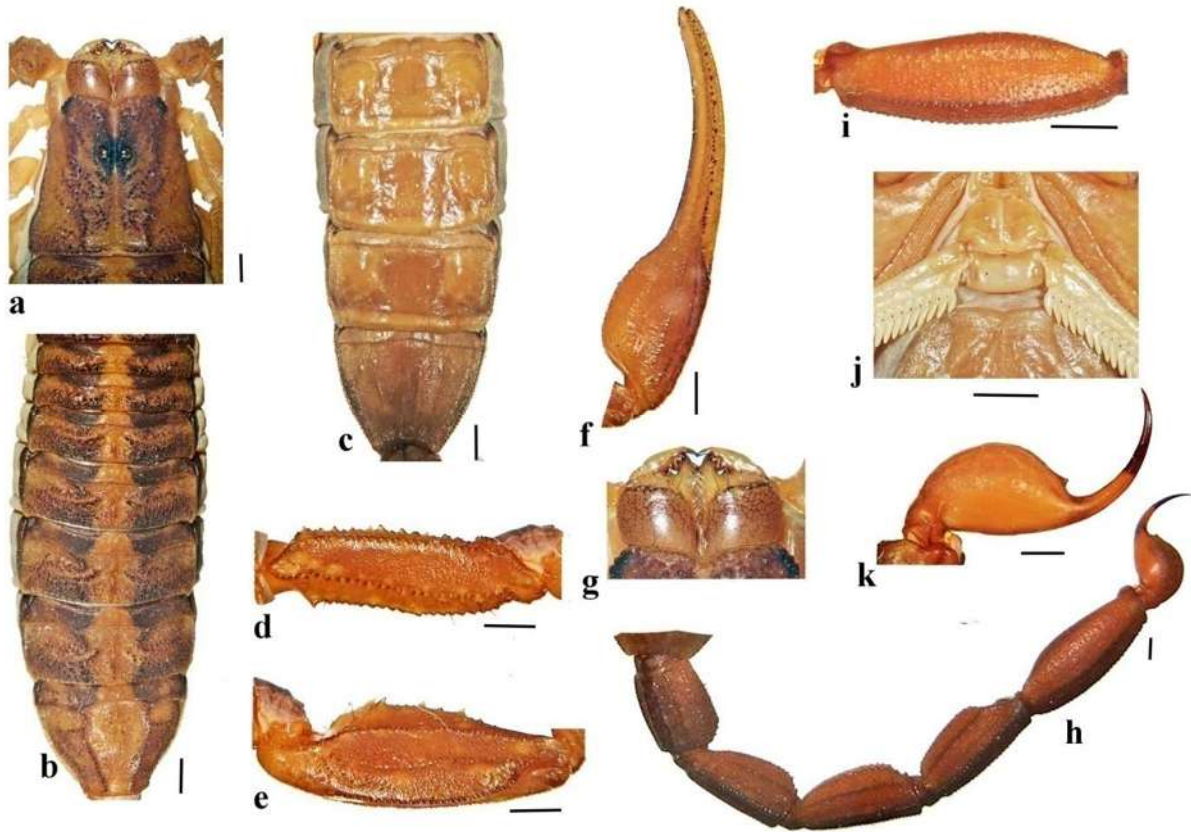


**Figure 2.** *Habitus* of male and female topotypes of *Centruroides ornatus*: dorsal and ventral.





**Figure 3.** Morphology of male topotype of *Centruroides ornatus*: carapace (a); tergites (b); sternites IV–VII (c); femur pedipalp, dorsal (d); patella pedipalp dorsal (e); chela pedipalp dorsal (f); chelicerae (g); metasomal segments I–V, lateral (h); metasomal segments V (i); pectinal plates (j); telson, lateral close-up (k).



**Figure 4.** Morphology of female topotype of *Centruroides ornatus*: carapace (a); tergites (b); sternites IV–VII (c); femur pedipalp, dorsal (d); patella pedipalp dorsal (e); chela pedipalp dorsal (f); chelicerae (g); metasomal segments I–V, lateral (h); metasomal segments V (i); pectinal plates (j) telson, lateral close-up (k).



**Figure 5.** Coloration of live adult topotypes of *Centruroides ornatus*: typical male (a) and female (b) and melanic male (c) and female (d).

## **Artículo 2.**

### **A new species of scorpion of the genus *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) from the state of Michoacán, Mexico**

### **Una nueva especie de alacrán del género *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) del Estado de Michoacán, México**

Ana F. Quijano-Ravell<sup>1</sup> and Javier Ponce-Saavedra<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas. Opción en Conservación y Manejo de Recursos Naturales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Edificio R, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, México. E-mail: [italyan18@gmail.com](mailto:italyan18@gmail.com)

<sup>2</sup> Laboratorio de Entomología "Biol. Sócrates Cisneros Paz", Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Edificio B-4, 2<sup>do</sup> piso. Ciudad Universitaria, 58060 Morelia, Michoacán, México. E-mail, [\\*ponce.javier0691@gmail.com](mailto:*ponce.javier0691@gmail.com).

## **Abstract**

*Centruroides ruana* sp. nov. is described from Felipe Carrillo Puerto, from the Buenavista municipality in the state of Michoacán, Mexico. The new species was compared with *C. balsasensis* Ponce-Saavedra and Francke, 2004, *C. infamatus* Koch, 1837, and *C. limpidus* (Karsch, 1879), which are morphologically and/or geographically its closest relatives. The description includes the male holotype, with seven male and eight female paratypes. A supplementary morphometric analysis also presented which distinguishes the four species.

**Key words:** Buthidae, morphology, morphometric methods, taxonomy

## Resumen

Se describe *Centruroides ruana* sp. nov. de Felipe Carrillo Puerto, Municipio de Buenavista en el Estado de Michoacán, México. Se hace una comparación con las especies morfológica y geográficamente más cercanas: *C. balsasensis* Ponce-Saavedra y Francke, 2004, *C. infamatus* Koch, 1837 y *C. limpidus* (Karsch, 1879). La descripción incluye el macho holotipo, siete machos y ocho hembras paratipos. Se presenta un análisis morfométrico que también permitió diferenciar las cuatro especies.

**Palabras clave:** Buthidae, morfología, métodos morfométricos, taxonomía

## Introduction

The family Buthidae is the most speciose in the order Scorpiones. It currently includes 91 genera and 1,044 species worldwide (Ponce-Saavedra and Francke, 2013a; Rein, 2015; Teruel *et al.*, 2015). In Mexico, the family is represented by two genera: *Centruroides* Marx, 1890, with 42 species out of a total of 85 native to the American continent, and *Chaneke* Francke, Teruel and Santibañez-López, 2014, with two species (Ponce-Saavedra and Francke, 2013a; Francke *et al.*, 2014; Rein, 2015; Teruel *et al.*, 2015).

*Centruroides* occurs continuously across the American continent from central USA through western South America, including most of the archipelagos associated with continents, such as the West Indies and Galapagos. It is the most common and widespread scorpion genus in Mexico, and the only one that has medical importance due to the toxicity of several species (Fet and Lowe, 2000). The most recent contributions (Ponce-Saavedra and Francke, 2013a; Ponce-Saavedra *et al.*, 2015) list seven species of *Centruroides* for the state of Michoacán, with well-defined geographical distributions: 1) Balsas Basin (locally known as "*tierra caliente*", a vernacular term that literally means "hot lands"): *Centruroides balsasensis* Ponce-Saavedra and Francke, 2004, *Centruroides bertholdii* (Thorell, 1876),

*Centruroides infamatus* (C. L. Koch, 1844) and *Centruroides limpidus* (Karsch, 1879). 2) Pacific coastal plain: *Centruroides nigrescens* (Pocock, 1898) and *Centruroides tecomanus* Hoffmann, 1932. 3) Transverse Volcanic Belt: *Centruroides ornatus* Pocock, 1902.

The Balsas Basin is a unique biogeographical region of Mexican evidenced by high levels of plant and animal endemism. In the case scorpions two genera are endemic: *Kuarapu* Francke and Ponce-Saavedra, 2010 and *Balsateres* González-Santillán and Prendini, 2013. Also, six species are restricted to this basin: the diplocentrids *Diplocentrus churumuco* Francke and Ponce-Saavedra, 2004 and *Kolotl poncei* (Francke and Quijano-Ravell, 2009), the vaejovids *Balsateres cisnerosi* (Ponce-Saavedra and Sissom, 2004), *Konetontli kuarapu* (Francke and Ponce-Saavedra, 2006) and *Kuarapu purhepecha* Francke and Ponce-Saavedra, 2010, and the buthid *Centruroides balsasensis* Ponce-Saavedra and Francke, 2004.

The new species described herein represents yet another case of an endemic scorpion from the Balsas Basin and increases the number of *Centruroides* known to occur in Michoacán and the Balsas Basin to eight and five, respectively.

## **Material and Methods**

Scorpions were collected during daytime by intensive direct sampling, i.e., turning rocks and other ground objects, peeling bark, and searching inside soil cracks and crevices. All specimens were preserved in 96% ethanol. They were deposited in the following collections: holotype and some paratypes at the Colección Nacional de Arácnidos, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., Mexico (CNAN), and paratypes at Colección Aracnológica del Laboratorio de Entomología "Biol. Sócrates Cisneros Paz", Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, Mexico (CAFBUM).

The specimens were studied, measured and photographed using a Zeiss Stemi DV4 stereomicroscope, equipped with a 0.1 mm ocular micrometer. High-resolution digital photographs were taken using either white or UV light and then slightly processed with Adobe Photoshop CS5, only to remove background and to optimize brightness and contrast parameters for printing. Measurements and pectinal tooth counts were taken to analyze morphometric and meristic variation of the species and all measurements are reported in millimeters (mm). The description was made according to nomenclature and measurements of Stahnke (1970), except for the description of carination of the chelae of pedipalp, which was made according to Acosta (2008) and the carination of metasomal segments according to Francke (1977).

A direct morphological comparison was made among adults of similar species from samples taken in different localities of Mexico, including material coming from the type locality of *C. balsasensis* and specimens of *C. limpidus*, from Arcelia, Guerrero, and *C. infamatus*, from León, Guanajuato and from Uruapan, Michoacán. These three species are morphologically the most similar to the new species. Further, samples of *C. tecomanus* from Faro de Bucerías, Aquila, Michoacán, were also included in the comparison because this species can also be confused if the color pattern of carapace is not considered (Table 1).

To determine which variables were best to diagnose the new species, a morphometric comparison was conducted based on 54 variables: 28 direct measurements, 25 calculated proportional ratios, and pectinal tooth counts (Table 2). Some of these ratios have been confirmed elsewhere as useful in other species of *Centruroides* (Ponce-Saavedra and Francke, 2004; 2009; 2011a–b; Ponce-Saavedra *et al.*, 2009; Santibáñez-López and Ponce-Saavedra, 2009).

The matrix generated was separated by sex, taking into account the well-known sexual dimorphism in most species of the genus (Hoffmann, 1932; Ozkan *et al.*, 2006; Ponce-

Saavedra and Francke, 2011a–b). A Multiple Correlation Analysis was run on each matrix, searching for both redundant (correlation  $\geq 80\%$ ) and outlier data. In addition, a Principal Component Analysis (PCA) was applied to the data matrices, in order to detect the most informative variables to characterize species, e.g., a "noise-reduction filter" (unexplained variation elimination). A Cluster Analysis (CA) and a Canonical Discriminant Analysis were calculated to assess the adequacy of the selected variables to separate the species. All statistical tests were performed using the JMP software, version 6.0 (2005).

### **Description**

Family Buthidae C. L. Koch, 1837

Genus *Centruroides* Marx, 1890

Diagnosis: This genus can be distinguished from all other members of Buthidae by the following combination of characters: a) pedipalp fingers with 7–10 principal rows of denticles which are only slightly overlapping, oblique and flanked by external and internal supernumerary denticles on each side (missing in first and second instar immatures); b) absence of stridulatory organ on sternite III and pectines; adult males with metasomal segments longer and narrower than females (Armas, 2009).

### ***Centruroides ruana* sp. nov.**

(Morphometric data: Tables 2-3.; Figs. 1-3, 6-8).

### **Taxonomic summary:**

**Type data.** Adult male holotype (CNAN-T0874), one adult male and two adult female paratypes (CNAN-T0875), six adult male and six adult female paratypes (CAFBUM 2015–0503), all with the following data: MEXICO: Michoacán State: Buenavista Municipality:



Felipe Carrillo Puerto (= La Ruana), Ejido "Santa Rita", 19.1224°N, 102.7117°W ; 7.III.2013; coll. L. Gaona E.

**Other material examined.** Two adult males and four adult females (CAFBUM) with the same data as the types, except collected on 6.XII.2014. One adult female (CAFBUM) from Michoacán State: Apatzingán de la Constitución Municipality: Las Colonias: Cenobio Moreno; 19.0933°N, 102.5014° W; 1.VI.2012; coll. J. Ponce, A. Quijano, L. Echeverría. One adult female (CAFBUM) from Michoacán State: Apatzingán de la Constitución Municipality: Panteón Municipal; 19.0731°N, 102.3692°W; 2.XI.2013; coll. J. Baldazo.

**Etymology.** The specific epithet is an indeclinable noun in apposition, taken directly from the unofficial but better-known name of the type locality: Felipe Carrillo Puerto (= *La Ruana*).

**Diagnosis:** The species is distinguished by the combination of the next characters: Scorpions of medium to moderately large adult size (including telson) for the genus. *C. ruana* sp. nov. is a typical "striped scorpion", basically yellow to ochre, paler ventrally; with two dorsal longitudinal blackish stripes on the mesosoma, separated by a slightly wider pale stripe. Anterior median area of the carapace strongly pigmented in the anterior half except in the anterior median furrow and two areas above the lateral central furrow; the rear half area is slightly dark pigmented on both sides of the posterior median furrow and on the posterior lateral carinae on which is more intense; intercarinal surface with dense and well-defined granules. Pedipalps moderately elongated; hand evenly oval and moderately incrassate. Basal plate of pectines in males is rectangular with the anterior notch V-shaped, anterior margin slightly concave and lobulated, and posterior margin straight, in females the anterior margin is only slightly notched medially and with posterior margin rounded. Pectinal tooth counts 24–26 (mode 25; n=14 in males) vs 22–25 (mode 23; n=14) in females. Metasoma with

dorsolateral, lateral, supramedian and inframedian carinae well developed and serrated; vesicle slightly elongated. Sexual dimorphism evident, females with pedipalps shorter, less slender and more strongly carinate, bulkier hand, metasoma more strongly carinate and with shorter segment V, telson vesicle shorter and rounder, with a stronger subaculear tubercle.

**Description of the holotype male (CNAN-T0874):**

*Coloration.* A typical "striped scorpion", basically yellow, paler ventrally (Fig. 1). Anterior median area of the carapace is heavily pigmented, except for the median furrow and two lateral patches that extend from the sides of ocular tubercle through the lateral eyes (Fig 2a). Posterior median area is slightly pigmented on both sides of the median furrow and darker on posterior lateral carinae. Median furrow immaculate, connected to a pale transverse area from posterior margin through median lateral carinae. Median eyes surrounded by a pattern of subtle spots, with a heavily pigmented margin. Lateral margins pale immaculate. The area around lateral eyes is very dark, with a pigmented stripe remarked by pale stripes on each side; the pigmented stripe becomes wider towards its posterior median part (Fig. 2a). Ocular tubercle intensely infuscate (Fig. 2a). Pedipalp: femur diffusely infuscate dorsally, becoming darker medially and distally (Fig. 2g). Patella diffusely infuscate dorsally, darker over carinae (Fig. 2h); chelae slightly darker but without defined pattern, except for heavily infuscate carinae (Figs. 2i, j). Legs: irregularly pigmented, including femur, patella and tibiae (Fig. 3e-g). Legs I and II darker on distal area of patella near the articulation with tibiae and diffusely pigmented to immaculate on the rest. Femur, patella and tibiae of legs III–IV darker and becoming weaker on metatarsus (Figs. 3a- b). Mesosoma: dorsally with two longitudinal blackish stripes, separated by a slightly wider pale stripe. Each dark stripe is composed of a well-defined, large and concave spot over the postergite, which gradually becomes diffuse as a transversely-oriented reticulate pattern through the pretergite, where it then fuses into

another smaller, convex spot located just on the edge of tergites I–VI; the dark stripes gradually become diffuse also through tergite VII (Figs. 2c, e). Median longitudinal carina pigmented on all tergites (Fig. 2c). The blotches of the mesosomal dark bands consist of large spots in the postergite, concave toward the pretergite which has a smaller convex spot. Both spots are interconnected with reticulated pigmentation. On pretergites II–III, every blackish spot looks like a horizontal stripe slightly inclined to the center of the tergite (Fig. 2c) and becomes somewhat crescent-shaped on postergite VII (Figs. 2c, e). Pigmented spots are surrounded by small to medium sized dots (Figs. 2c, e). Sternite VII slightly pigmented on median carinae (Fig. 2f). Metasoma: dorsally immaculate, ventrally heavily infuscate over ventrolateral and ventral submedian carinae on I–IV and diffusely spotted on space between ventral submedian and ventrolateral carinae on segments I–III, weaker on IV, and immaculate on V (Figs. 3d, 6.11). Vesicle ochre-yellow; dorsally immaculate; ventrally and laterally with one median and two lateral infuscate stripes, separated by thin immaculate bands distally to the area around the subaculear tubercle, were spotted pattern becomes diffuse and with yellowish dots (Figs. 3e–g). Aculeus infuscate throughout, with distal half conspicuously darkened.

*Carapace.* Anterior margin concave, with weakly crenulate edge. Lateral areas feebly granulose to smooth, margins weakly crenulate (Figs. 2a–b). Ocular tubercle smooth, surrounded by small to medium-sized granules on pigmented areas, more developed behind median and lateral eyes (Fig. 2b). Posterior margin straight, with a shallow median indentation or notch, laterally with medium-sized granules (Figs. 2a–b).

*Pedipalps.* Moderately elongated (length/width ratio of femur and patella =0.92). All carinae weakly to moderately granulose (Figs. 2g–j). Intercarinal spaces finely granulose on femur and patella coriaceous on chela (Figs. 2g–j). Chela of pedipalps are granular with well-defined granules. Hand evenly oval and moderately incrassate (width hand/width patella ratio=1.09;

length/width hand ratio=2.16) (for measurements see Table 2) (Figs. 2i- j). Digital carena moderate and smooth (Fig. 2i); ventroexternal and ventrointernal carinae strong and smooth (Fig. 2j). Fingers long, slender and evenly curved (Figs. 2i-j), with eight principal rows of denticles flanked by supernumerary denticles on each side, and with an apical subrow of five denticles.

*Mesosoma*. Tergites with strong median longitudinal carinae (Fig. 2d); submedian and lateral carinae on VII strong and serrate (Figs. 2e-f). All pigmented areas are covered by small to medium-sized granules, as in carapace (Figs. 2c-d). Sternite VII with media carinae slightly developed but complete (Fig. 2 f).

*Pectines*. Tooth count 24/24. Basal plate of pectines in males is rectangular with the anterior notch V-shaped, anterior margin slightly concave and lobulated, and posterior margin straight (Table 2; Fig. 3c).

*Metasoma*. Moderately elongated and not incrassate distally (Figs. 3d; 6.11). Segments I–IV with the following carination: dorsal laterals, lateral supramedians and lateral inframedians (on I only) well developed, denticulate, the dorsal lateral carinae become gradually stronger distally on each segment; ventral laterals and ventral submedians well developed, finely serrate, but becoming progressively weaker towards segment IV (Fig. 6.11). Segment V rounded in cross-section, almost entirely acarinate except for subtle vestiges of ventral lateral and ventral median carinae. Intercarinal spaces coriaceous, with vestiges of minute granules on I. Dorsal median furrow undefined on I–II, wide and shallow on III–IV, narrow and shallow on V (Figs. 3d; 6.11, 6.16).

*Telson*. Vesicle slightly elongated (length/width ratio= 1.90, Depth/width ratio= 1.0) and coriaceous, with ventromedian carinae vestigial but progressively stronger distally to the subaculear tubercle, which is very small, widely conical and somewhat distant from the base of aculeus, which is shorter than vesicle and moderately curved (Figs. 3e-g; 6. 21).

*Female description and comparison with males.* Sexual dimorphism is very well marked (Fig. 1), females differ from males as follows: Color pattern both darker and more contrasting. Tergite VII remarkably wider, with anterior margin concave and pale immaculate (Figs. 1, 4a). Pedipalps shorter, less slender and more strongly carinate, with bulkier hand with length/width ratio  $1.88 \pm 0.20$  in females (n=7) vs.  $2.20 \pm 0.12$  in males (n=7) (Figs. 1; 2 i-j; 4b-c). Pectines comparatively smaller, with lower tooth counts: 22–25 (n=14), mode 23 in females vs. 24–26, mode 25 in males (n=14); basal plate with anterior margin almost straight, but posterior margin widely convex (Figs. 3c; 4d; 7). Metasoma shorter and more strongly carinate; segment V length/width ratio  $2.48 \pm 0.14$  in females (n=7) vs.  $3.46 \pm 0.29$  in males (n=7) (Figs. 1; 3d; 4e; 6.11). Telson vesicle shorter and rounder: length/width ratio  $1.62 \pm 0.02$  in females (n=7) vs.  $2.02 \pm 0.04$  (n=7) in males; subaculear tubercle stronger, aculeus longer, sharper and shallowly curved (Figs. 3e-g; 4f).

*Variation.* Base color varies from yellow to ochre in both sexes (Fig. 1). Spotted pattern of juvenile instars is both darker and denser, especially on pedipalps; some juveniles also have lateral and ventral surfaces of metasoma very intensely spotted. The subaculear tubercle is vestigial in some adult females, but it is strong, slender and somewhat spinoid in all juveniles.

*Centruroides ruana* sp. nov. are scorpions of medium to moderately large adult size for the genus, total body length (including telson) 63.0–70.7 ( $66.8 \pm 1.5$ , n= 7) in males, 59.1–62.0 ( $60.8 \pm 1.0$ , n= 7) in females. Carapace length of 5.7–6.4 ( $6.0 \pm 0.4$ , n= 7) in males, 6.1–6.5 ( $6.3 \pm 0.3$ , n= 7) in females. Pedipalps longer and more slender than similar species (length femur and patella: 5.9–6.6 ( $6.2 \pm 0.4$ , n= 7), 6.4–7.2 ( $6.8 \pm 0.4$ , n= 7) in males and 5.4–6.0 ( $5.7 \pm 0.3$ , n= 7), 6.1–6.8 ( $6.4 \pm 0.4$ , n= 7) in females respectively. Hand relatively longer in females (Fixed finger/hand length ratio: 1.1–1.3 ( $1.2 \pm 0.1$ , n= 7) in males, 1.4–1.5 ( $1.2 \pm 0.03$ , n= 7) in females). Movable finger/hand length ratio: 1.1–1.3 ( $1.2 \pm 0.2$ , n= 7) in males, 1.4–1.5 ( $1.4 \pm 0.03$ , n= 7) in females). Basal plate of pectines width/length ratio: 1.5–2.0 (1.7

$\pm 1.3$ ,  $n=7$ ) in males, 1.8–2.0 ( $1.9 \pm 0.08$ ,  $n=7$ ) in females. Total length/metasoma length ratio: 1.78–1.83 ( $1.8 \pm 0.02$ ,  $n=7$ ) in males, 2.05–2.17 ( $2.1 \pm 0.05$ ,  $n=7$ ) in females. Number of pectinal teeth is 24–26 (Mode=25;  $n=14$ ) in males and 22–25 (Mode=23;  $n=14$ ) in females.

**Distribution.** Only known from two nearby localities of the lowland Balsas Basin, in west-central Michoacán (Fig. 4). Both localities are in the Apatzingán-valley (Fig. 5).

**Taxonomic comments.** The new species is similar in size and coloration to *Centruroides infamatus* (Fig. 6), and both taxa are also geographically close. The latter can be distinguished by the pedipalps less slender, with femur, patella and chela shorter; hand of pedipalp slightly less elongated; metasoma and telson longer (Table 2). Also, metasoma with dorsal lateral, lateral supramedian and lateral inframedian carinae less developed and granular to crenulated except the dorsal laterals, which are finely serrated and even denticulate (Figs. 6.11, 6.14). the basal plate of pectines in males of *C. infamatus* with the anteromedian notch shallow and the anterior margin not lobulated, in females with the anterior margin concave but not notched and posterior margin clearly recurved (Fig. 7).

Another species which is morphologically similar and found in the same geographic region is *C. balsasensis* (Fig. 6); which can be differentiated from *C. ruana* sp. nov. by the coloration paler and less densely patterned and the pattern color on carapace and tergites (Fig. 6); carapace with anterior margin noticeably notched, convex, with granules that are denser on the median part. General habitus of *C. balsasensis* slightly less slender, including pedipalps with more robust chelae (obvious in the fingers/manus length ratio) (Tables 3, 4); basal pectinal plate of males of *C. balsasensis* with anterior margin almost straight and not lobulated, in females the anterior margin is clearly concave and the posterior margin is strongly convex. Males of *C. balsasensis* with subaculear tubercle markedly stronger (Fig. 7).

*Centruroides limpidus* is more distantly related to *C. ruana* sp. nov. based on morphological criteria, but both species are sympatric in the Felipe Carrillo Puerto area. Although *C. limpidus* is present in very low abundance here, is easy to recognized it by the carapace color pattern which has two pairs of thin, longitudinal, sub parallel blackish stripes: one lateral across the entire carapace (Figs. 6.21, 6.24), and one submedian that extends shortly behind the ocular tubercle (Figs. 6.1, 6.2), leaving most part of the surface without pigment. Other differences are morphometric features (for measurements see Tables 3–4).

*Centruroides tecomanus* is another species that could be confused with the new species herein described (Fig. 6-7), owing to its general appearance; however, additionally to the morphometric differences (Tables 3–4), the coastal distribution of this species; the constant color pattern of its carapace, always with four thin and dark lines well defined (Figs. 6.1, 6.5); and the subaculear tubercle well developed and generally with its point oriented towards the point of aculeus (Ponce-Saavedra *et al.*, 2009) (Figs. 6.21, 6.25 ) are enough to distinguish this species from the newly described one.

Additionally we made a comparison of granulation pattern of the carapace of *Centruroides ruana* sp. nov., *C. balsasensis*, *C. infamatus*, *C. limpidus* and *C. tecomanus* using images in UV light. Differences in the patterns of granulation of central median carinae (cmc) and central lateral carinae (clc) as well as in the granulation located above the posterior transverse furrow (ptf) can be appreciated between species (Fig. 8).

**Morphometric analysis.** A morphometric statistical analysis was conducted in order to reinforce the diagnostic comparison between *Centruroides ruana* sp. nov., *C. balsasensis*, *C. infamatus*, *C. limpidus* and *C. tecomanus*. As a whole, 54 variables were included: 28 measurements, 25 derived proportional ratios and a meristic count. Matrices were constructed using the following labels for each taxon: C\_ruana, C\_balsasensis, C\_infamatus, C\_limpidus,

and *C. tecomanus*. A Cluster Analysis (CA) was made using Euclidean distances, standardized data and Ward's Minimum Variance Method followed by a Principal Component Analysis (PCA). The results revealed that specimens previously assigned to a particular taxon, consistently clustered together and isolated from others, forming groups of defined species (Figure 9a).

In order to reduce the number of variables supporting the species distinction and to discard any potential effect of size among the three taxa (a clean-up process), all matrices were depurated by eliminating those variables found to be highly correlated and/or with little information. The former are simple redundant, while the latter represent variation which is very poorly explained through the PCA. As outcomes, a thirteen variable matrix was obtained for males and another with fourteen for females (Tables 3–4).

Using these variables and running separate analyses for both males and females, a second CA was calculated, and again, specimens of each previously identified taxon clustered together and separated from all other species (Fig. 9a). A subsequent PCA applied to these matrices yielded 85.67% and 87.55% of explained variation in three principal components for both males and females, respectively (Fig. 9b). Further, a Canonical Discriminant Analysis (CDA) demonstrated that the morphometric distinction of all species is adequate (Fig. 9c): tests such as Wilks' Lambda, Pillai's Trace, Hotelling-Lawley and Roy's Max Root, all proved significant ( $p < 0.05$ ) and yielded null misclassifications. In males (Table 3), thirteen variables were found to present univariate significant statistical difference ( $p < 0.05$ ). In females (Table 4), the number of such variables was fourteen ( $p < 0.05$ ).

The morphologic and morphometric data support *C. ruana* sp. nov. as a valid species, clearly distinct from the morphologically similar *C. balsasensis* and *C. infamatus* and from *C. limpidus* which is the species found closest geographically. The difference with *C. tecomanus* was also clear. The overall resemblance in the habitus amongst, *C. limpidus* and *C.*



*balsasensis* and *C. ruana* makes very likely that this new species is actually more widespread across the Balsas Basin, but it has been misidentified in collections.

### **Acknowledgements**

This paper forms part of the first author's PhD thesis, a study that was funded through a grant from the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), Mexico. We are grateful to Coordinación de la Investigación Científica of Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo for the support for field work. Both authors are very grateful to Lizbeth Gaona Escamilla and M.C. José Guadalupe Baldazo Monsivaiz for collecting and donating most specimens of the new species. We are very grateful to Dr. Rolando Teruel for the thorough review of the manuscript, the English translation of the final draft, and his valuable and helpful comments. We are grateful to Dr. Oscar F. Francke for his valuable comments and Dr. Robert W. Jones for the review of the English final manuscript.

### **References**

- Acosta, L. E., Candido, D. M., Buckup, E. H. and Brescovit, A. D. (2008). Description of *Zabius gaucho* (Scorpiones, Buthidae), a new species from southern Brazil, with an update about the generic diagnosis. *The Journal of Arachnology*, 36, 491–501.
- Armas, L. F. de. (2009). Sinopsis de los escorpiones antillanos. *Editorial Ciencia y Técnica*, La Habana, 102 pp.
- Fet, V. and Lowe, G. (2000). Family Buthidae C. L. Koch, 1837. En: V. Fet, Sissom, W. D., Lowe, G. and Braunwalder, M. E. (Eds.), *Catalog of the scorpions of the World (1758-1998)*, (pp. 54-286). The New York Entomological Society, New York.
- Francke, O. F. (1977). Scorpions of the genus *Diplocentrus* Peters from Oaxaca, México. *The Journal of Arachnology*, 4, 145–200.

- Francke, O. F., Teruel, R., and Santibañez-López, C. E. (2014). A new genus and a new species of scorpion (Scorpiones: Buthidae) from southeastern Mexico. *Journal of Arachnology*, 42, 220-32.
- Hoffmann, C. C. (1932). Monografías para la Entomología Médica de México. 2. Los escorpiones de México. Segunda parte: Buthidae. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 3, 283–361.
- Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal de la Secretaría de Gobernación. [INAFED]. (2010). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México: los municipios del Estado de Michoacán de Ocampo". Recover 14 febrero, 2015 from: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16Michoacán/index.html>
- JMP v. 6.0. (2005). SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2007. NC, USA.
- Ozkan, O., Adiguzel, Z. and Kar, S. (2006). Parametric values of *Androctonus crassicauda* (Oliver, 1807) (Scorpiones: Buthidae) from Turkey. *Journal of Venomous Animal and Toxins including Tropical Diseases*, 12, 549–559.
- Ponce-Saavedra, J. and Francke, O. F. (2004). Una nueva especie de alacrán del género *Centruroides* Marx (1890) (Scorpiones: Buthidae) de la Depresión del Balsas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20, 221–232.
- Ponce-Saavedra, J. and Francke, O. F. (2009). Descripción de una especie nueva de alacrán con importancia médica del género *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) del Estado de Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 647–658.
- Ponce-Saavedra, J. and Francke, O. F. (2011a). Nueva especie de alacrán del género *Centruroides* (Scorpiones, Buthidae) del Estado de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 465–474.

- Ponce-Saavedra, J. and Francke, O. F. (2011b). Especie nueva de alacrán del género *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) de la costa del Estado de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1163–1175.
- Ponce-Saavedra, J. and Francke, O. F. (2013a). Actualización taxonómica sobre alacranes del Centro Occidente de México. *Dugesiana*, 20(2), 73–79.
- Ponce-Saavedra, J. and Francke, O. F. (2013b). El género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) y su importancia médica en el estado de Michoacán, México. *Entomología Mexicana*, 12: 811-16.
- Ponce-Saavedra, J. I. Martínez-Rodríguez and A. F. Quijano-Ravell. (2015). Alacranes de importancia médica en la Depresión del Balsas. *Entomología Mexicana* Vol. 2: 66-70.
- Ponce-Saavedra, J., Francke, O. F., Cano-Camacho, H. and Hernández-Calderón, E. (2009). Evidencias morfológicas y moleculares que validan como especie a *Centruroides tecomanus* (Scorpiones, Buthidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 71–84.
- Rein, J. O. (2015). The Scorpion Files. Recover 12 abril, 2015 from: <http://www.ntnu.no/ub/scorpion-files/>
- Santibáñez-López, C. E. and Ponce-Saavedra, J. (2009). A new species of *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) from the northern mountain range of Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 321–331.
- Stahnke, H. L. (1970). Scorpion nomenclature and mensuration. *Entomological News*, 81, 297–316.
- Teruel, R., Kovarik, F., Baldazo-Monsivais, J. G. and Hoferek, D. (2015). A new species of *Centruroides* of the "nigrovariatus" group (Scorpiones: Buthidae) from southern Mexico. *Revista Ibérica de Aracnología*, 26: 3–14.

**TABLE 1.** Data of other species and specimens of closely related *Centruroides* and/or in the same geographic region of *C. ruana* used for the morphological and morphometric analyses.

Species	Locality/Geographical coordinates	Number of individuals	
		♂♂	♀♀
<i>Centruroides balsasensis</i>	Arúa, Huetamo Michoacán, Mexico/ 18.540278N, -100.926389W	4	3
<i>Centruroides balsasensis</i>	Churumuco, Michoacán, Mexico/ 18.660833N, -101.646111W	3	4
<i>Centruroides infamatus</i>	León, Guanajuato, Mexico/ 21.017222N, -101.628889W	3	2
<i>Centruroides infamatus</i>	Zumpimito, Uruapan, Michoacán, Mexico/ 21.125000N, -101.030278W	4	4
<i>Centruroides limpidus</i>	Arcelia, Guerrero, Mexico/ 18.283056N, -100.266667W	7	7
<i>Centruroides tecomanus</i>	Faro de Bucerías, Aquila, Michoacán, Mexico/ 18.335833N, -103.500833W	7	6

**TABLE 2.** Measurements (in mm) and proportions of holotype and seven paratypes of *Centruroides ruana* sp. nov. Abbreviations: MP= male paratype; FP= female paratype.

Measurements	Males				Females			
	Holotype	MP1	MP2	MP3	FP1	FP2	FP3	FP4
Carapace length	6.40	6.40	6.00	6.40	6.60	6.40	6.00	6.00
Mesosoma length, including tergite VII	18.20	18.60	17.60	18.20	18.20	18.80	19.80	17.80
Tergite VII length	5.80	5.60	5.60	5.60	4.60	4.80	4.80	4.60
Pectinal tooth count	24-24	26-26	24-24	25-25	25-25	22-22	23-23	24-24
Metasomal segment I length	6.00	6.00	5.80	6.00	4.60	4.60	4.20	4.20
Metasomal segment II length	7.20	7.40	7.00	7.40	5.40	5.40	5.00	5.00
Metasomal segment III length	8.00	8.00	7.80	8.00	5.80	5.80	5.40	5.40
Metasomal segment IV length	8.60	8.40	8.40	8.60	6.40	6.20	5.80	5.80
Metasomal segment V length	9.60	9.40	9.20	9.60	7.40	7.20	6.60	6.60
Metasomal segment I width	3.00	3.20	2.60	3.00	3.20	3.20	3.20	3.20
Metasomal segment II width	2.80	3.00	2.60	2.80	3.00	3.00	3.00	3.00
Metasomal segment III width	2.80	3.00	2.60	2.80	3.00	3.00	3.00	3.00
Metasomal segment IV width	2.80	3.00	2.40	2.80	3.00	3.00	3.00	2.80
Metasomal segment V width	2.80	3.00	2.40	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
Vesicle length	4.20	4.20	4.00	4.20	3.60	3.60	3.20	3.20
Vesicle width	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.00	2.00
Vesicle depth	2.20	2.20	1.80	2.20	2.20	2.00	2.00	2.00
Aculeus length	2.40	2.40	2.20	2.40	2.80	2.60	2.60	2.60
Pedipalp femur length	6.60	6.60	6.20	6.60	5.20	6.00	5.60	5.60
Pedipalp femur width	1.60	1.60	1.40	1.60	1.50	1.60	1.60	1.60
Pedipalp patella length	7.20	7.20	6.80	7.20	5.80	6.80	6.20	6.40
Pedipalp patella width	2.20	2.20	2.00	2.20	2.00	2.20	2.20	2.20
Pedipalp hand length	5.20	5.00	5.00	5.20	3.80	4.80	4.40	4.60
Pedipalp hand width	2.40	2.40	2.10	2.40	2.40	2.40	2.20	2.40
Pedipalp hand depth	2.40	2.40	2.20	2.40	2.40	2.40	2.20	2.40

TABLE 2. Cont.

Measurements	Males				Females			
	Holotype	MP1	MP2	MP3	FP1	FP2	FP3	FP4
Pedipalp fixed finger length	5.80	5.60	5.40	5.60	4.80	5.80	5.40	5.60
Pedipalp movable finger length	6.80	6.60	6.60	6.60	5.60	7.00	6.40	6.40
Basal pectinal plate length	0.80	0.70	0.60	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Basal pectinal plate width	1.20	1.20	1.20	1.20	1.40	1.50	1.50	1.60
Basal pectinal plate length/width ratio	0.67	0.58	0.50	0.67	0.57	0.53	0.53	0.50
Pedipalp hand/patella width ratio	1.09	1.09	1.05	1.09	1.20	1.09	1.00	1.09
Pedipalp hand/telson vesicle width ratio	1.09	1.09	1.05	1.09	1.09	1.09	1.10	1.20
Pedipalp hand width/telson vesicle length ratio	0.57	0.57	0.53	0.57	0.67	0.67	0.69	0.75
Carapace/pedipalp movable finger length ratio	0.94	0.97	1.11	0.97	1.18	0.91	0.94	0.94
Metasomal segment V/pedipalp movable finger length ratio	1.41	1.42	1.70	1.45	1.32	1.03	1.03	1.03
Metasomal segment V/III length ratio	1.20	1.18	1.18	1.20	1.28	1.24	1.22	1.22
Metasomal segment V/pedipalp hand length ratio	1.85	1.88	1.84	1.85	1.95	1.50	1.50	1.43
Telson vesicle length/depth ratio	1.91	1.91	2.22	1.91	1.64	1.80	1.60	1.60
Metasomal segment V/IV length ratio	1.12	1.12	1.10	1.12	1.16	1.16	1.14	1.14
Metasomal segment V/telson vesicle length ratio	2.29	2.24	2.30	2.29	2.06	2.00	2.06	2.06
Metasomal segment V/I length ratio	1.60	1.57	1.59	1.60	1.61	1.57	1.57	1.57
Metasomal segment V/pedipalp hand length ratio	1.15	1.20	1.16	1.15	1.21	0.96	0.95	0.91
Metasomal segment V/carapace length ratio	1.50	1.47	1.53	1.50	1.12	1.13	1.10	1.10
Pedipalp patella/pedipalp hand length ratio	1.38	1.44	1.36	1.38	1.53	1.42	1.41	1.39
Metasomal segment I length/width ratio	2.00	1.88	2.23	2.00	1.44	1.44	1.31	1.31
Metasomal segment II length/width ratio	2.57	2.47	2.69	2.64	1.80	1.80	1.67	1.67
Metasomal segment III length/width ratio	2.86	2.67	3.00	2.86	1.93	1.93	1.80	1.80
Metasomal segment IV length/width ratio	3.07	2.80	3.50	3.07	2.13	2.07	1.93	2.07
Metasomal segment V length/width ratio	3.43	3.13	3.83	3.43	2.64	2.57	2.36	2.36
Pedipalp femur length/width ratio	4.13	4.13	4.43	4.13	3.47	3.75	3.50	3.50
Pedipalp patella length/width ratio	3.27	3.27	3.40	3.27	2.90	3.09	2.82	2.91
Pedipalp hand length/width ratio	2.17	2.08	2.38	2.17	1.58	2.00	2.00	1.92
Pedipalp movable finger/pedipalp hand length ratio	1.12	1.12	1.08	1.08	1.26	1.21	1.23	1.22
Pedipalp fixed finger/pedipalp hand length ratio	1.31	1.32	1.32	1.27	1.47	1.46	1.45	1.39

**TABLE 3.** Matrix with thirteen variables useful to multivariate distinction of males of *Centruroides ruana* sp. nov from of closely related *Centruroides* and/or those in the same geographic region.

VARIABLE	MALES					Value X <sup>2</sup>	Prob.
	<i>C. ruana</i> sp. nov.	<i>C. infamatus</i>	<i>C. balsasensis</i>	<i>C. limpidus</i>	<i>C. tecomanus</i>		
<b>Pectinal tooth count</b>	24-26 (Mode 25)	21-24 (Mode=23)	25-28 (Mode=25)	23-25 (Mode= 24)	20-24 (Mode=23)		
<b>Metasomal segment I length/width ratio</b>	1.97 (±0.07) ABC	2.09 (±0.12) AB	2.14 (±0.17) A	1.87 (±0.06) C	1.92 (±0.07) BC	16.594	0.0023
<b>Metasomal segment II length/width ratio</b>	2.52 (±0.07) B	2.65 (±0.19) AB	2.90 (±0.23) A	2.41 (±0.12) B	2.41 (±0.10) B	18.11	0.0012
<b>Metasomal segment III length/width ratio</b>	2.77 (±0.16) BC	2.991 (±0.18) B	3.22 (±0.26) A	2.66 (±0.12) BC	2.56 (±0.12) C	20.492	0.0004
<b>Pedipalp patella length/width ratio</b>	3.21 (±0.09) A	3.13 (±0.17) AB	2.99 (±0.08) BC	2.91 (±0.05) C	2.69 (±0.09) D	24.335	<.0001
<b>Carapace/pedipalp movable finger length ratio</b>	0.93 (±0.01) A	0.86 (±0.01) B	0.86 (±0.03) B	0.88 (±0.02) B	0.89 (±0.04) AB	14.276	0.0065
<b>Metasomal segment I/pedipalp hand length ratio</b>	1.13 (±0.04) A	1.18 (±0.03) A	0.59 (±0.01) B	0.55 (±0.02) B	0.58 (±0.05) B	26.942	<.0001
<b>Metasomal segment V/pedipalp movable finger length ratio</b>	1.36 (±0.05) A	1.40 (±0.02) A	1.37 (±0.06) A	1.27 (±0.03) B	1.35 (±0.06) B	14.354	0.0062
<b>Metasomal segment II/I length ratio</b>	1.58 (±0.06) A	1.51 (±0.02) B	1.51 (±0.05) AB	1.46 (±0.03) B	1.46 (±0.03) B	17.436	0.0016
<b>Metasomal segment IV/telson vesicle length ratio</b>	2.04 (±0.06) A	1.88 (±0.10) B	2.08 (±0.04) A	1.86 (±0.05) B	1.97 (±0.06) AB	21.144	0.0003
<b>Metasomal segment V/telson vesicle length ratio</b>	2.27 (±0.08) AB	2.11 (± 0.09) C	2.32 (±0.09) A	2.07 (±0.06) C	2.15 (±0.06) BC	21.119	0.0003
<b>Metasomal segment V/pedipalp hand length ratio</b>	1.79 (±0.08) A	1.79 (±0.04) A	0.90 (±0.02) B	0.81 (±0.02) B	0.85 (±0.07) B	28.718	<.0001
<b>Metasomal segment V/pedipalp fixed finger length ratio</b>	1.62 (±0.05) A	1.65 (±0.06) A	1.56 (±0.10) AB	1.49 (±0.06) B	1.55 (±0.06) B	12.306	0.0152

**TABLE 4.** Matrix with fourteen variables useful to distinguish females of *Centruroides ruana* sp. nov from of closely related *Centruroides* and/or those in the same geographic region.

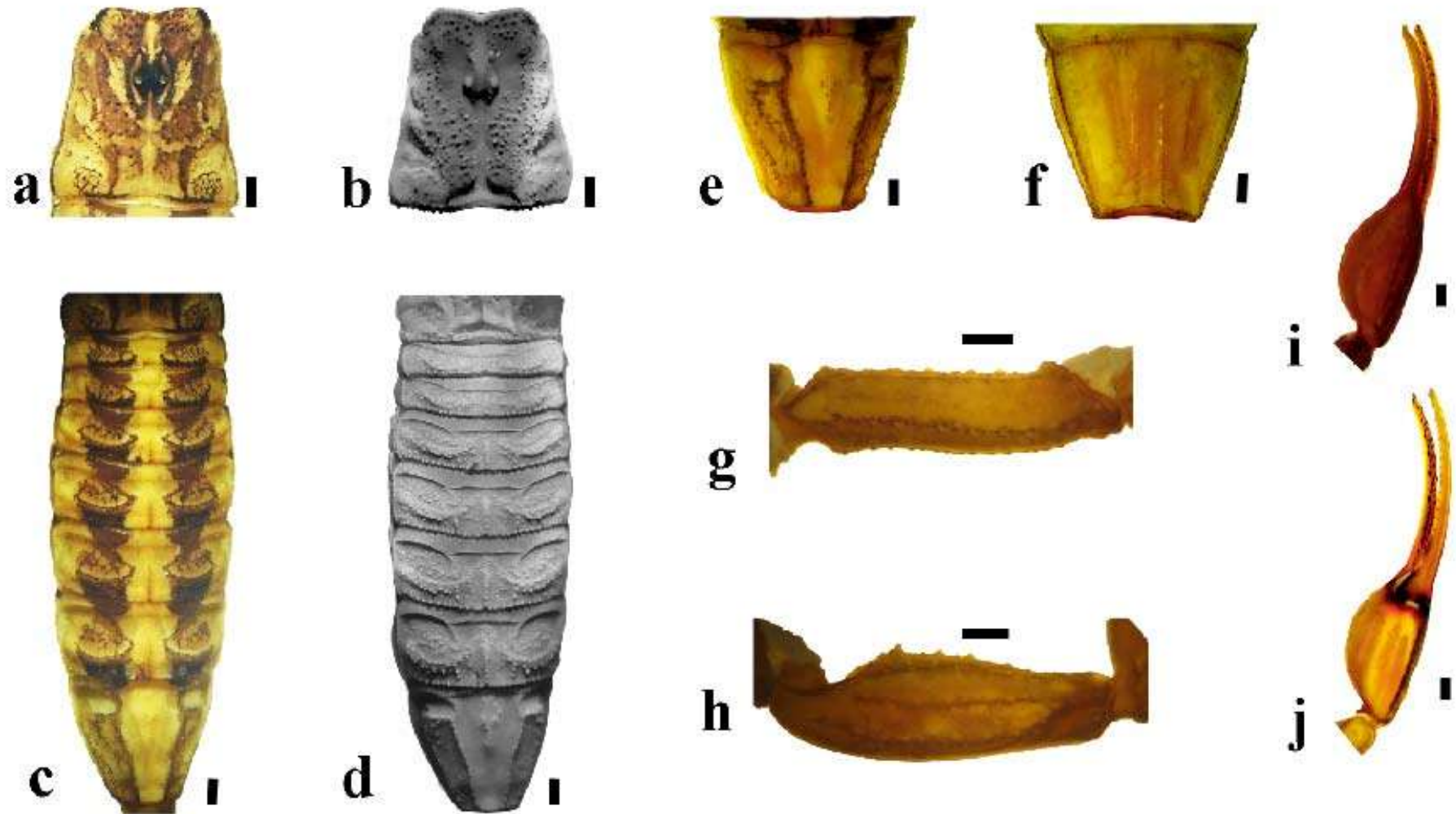
Females	MEAN ( $\pm$ SD)					Value X <sup>2</sup>	Prob.
VARIABLE	<i>C. ruana</i> sp. nov.	<i>C. infamatus</i>	<i>C. balsasensis</i>	<i>C. limpidus</i>	<i>C. tecomanus</i>		
<b>Pectinal tooth count</b>	22-25 (Mode=23)	20-24 (Mode=21)	25-28 (Mode=25)	20-23(Mode=22)	20-24 (Mode=21)		
<b>Metasomal segment V/III length ratio</b>	1.24 ( $\pm$ 0.03) A	1.25 ( $\pm$ 0.03) A	1.17 ( $\pm$ 0.03) B	1.17 ( $\pm$ 0.01) B	1.16 ( $\pm$ 0.02) B	22.2264	0.0002
<b>Metasomal segment V/pedipalp hand length ratio</b>	1.56 ( $\pm$ 0.17) B	1.66 ( $\pm$ 0.17) A	0.72 ( $\pm$ 0.02) C	0.72 ( $\pm$ 0.01) C	0.70 ( $\pm$ 0.03) C	25.0407	<.0001
<b>Vesicle length/ width ratio</b>	1.61 ( $\pm$ 0.03) C	1.46 ( $\pm$ 0.05) D	1.80 ( $\pm$ 0.05) A	1.69 ( $\pm$ 0.06) B	1.58 ( $\pm$ 0.10) C	25.4177	<.0001
<b>Metasomal segment V/IV length ratio</b>	1.15 ( $\pm$ 0.01) B	1.19 ( $\pm$ 0.01) A	1.16 ( $\pm$ 0.02) B	1.15 ( $\pm$ 0.01) B	1.14 ( $\pm$ 0.01) B	13.2023	0.0103
<b>Metasomal segment I/pedipalp hand length ratio</b>	1.75 ( $\pm$ 0.04) C	1.97 ( $\pm$ 0.07) A	1.88 ( $\pm$ 0.04) B	1.76 ( $\pm$ 0.02) C	1.82 ( $\pm$ 0.11) BC	20.3761	0.0004
<b>Metasomal segment IV/vesicle length ratio</b>	0.98 ( $\pm$ 0.10) B	1.06 ( $\pm$ 0.05) A	0.49 ( $\pm$ 0.01) C	0.49 ( $\pm$ 0.01) C	0.48 ( $\pm$ 0.02) C	24.5861	<.0001
<b>Metasomal segment V/carapace length ratio</b>	1.11 ( $\pm$ 0.01) C	1.22 ( $\pm$ 0.05) B	1.22 ( $\pm$ 0.02) B	1.19 ( $\pm$ 0.02) B	1.27 ( $\pm$ 0.03) A	24.1809	<.0001
<b>Metasomal segment V/telson vesicle length ratio</b>	2.02 ( $\pm$ 0.03) C	2.34 ( $\pm$ 0.10) A	2.18 ( $\pm$ 0.03) B	2.02 ( $\pm$ 0.03) C	2.09 ( $\pm$ 0.13) C	21.455	0.0003
<b>Pedipalp patella length/pedipalp hand length ratio</b>	1.42 ( $\pm$ 0.05) A	1.40 ( $\pm$ 0.04) A	0.61 ( $\pm$ 0.02) B	0.63 ( $\pm$ 0.01) B	0.60 ( $\pm$ 0.03) B	24.6967	<.0001
<b>Metasomal segment I length/width ratio</b>	1.39 ( $\pm$ 0.06) C	1.49 ( $\pm$ 0.07) B	1.56 ( $\pm$ 0.04) A	1.48 ( $\pm$ 0.02) B	1.50 ( $\pm$ 0.03) B	18.7513	0.0009
<b>Metasomal segment II length/width ratio</b>	1.75 ( $\pm$ 0.06) C	1.84 ( $\pm$ 0.07) B	1.95 ( $\pm$ 0.05) A	1.82 ( $\pm$ 0.05) BC	1.83 ( $\pm$ 0.09) B	16.3185	<.0026
<b>Pedipalp movable finger/pedipalp hand length ratio</b>	1.44 ( $\pm$ 0.03) A	1.47 ( $\pm$ 0.06) A	0.68 ( $\pm$ 0.01) B	0.67 ( $\pm$ 0.01) B	0.65 ( $\pm$ 0.04) B	24.8859	<.0001
<b>Pedipalp fixed finger/pedipalp hand length ratio</b>	1.21 ( $\pm$ 0.05) A	1.21 ( $\pm$ 0.05) A	0.60 ( $\pm$ 0.02) B	0.59 ( $\pm$ 0.01) BC	0.56 ( $\pm$ 0.04) C	24.7901	<.0001

**Figures**



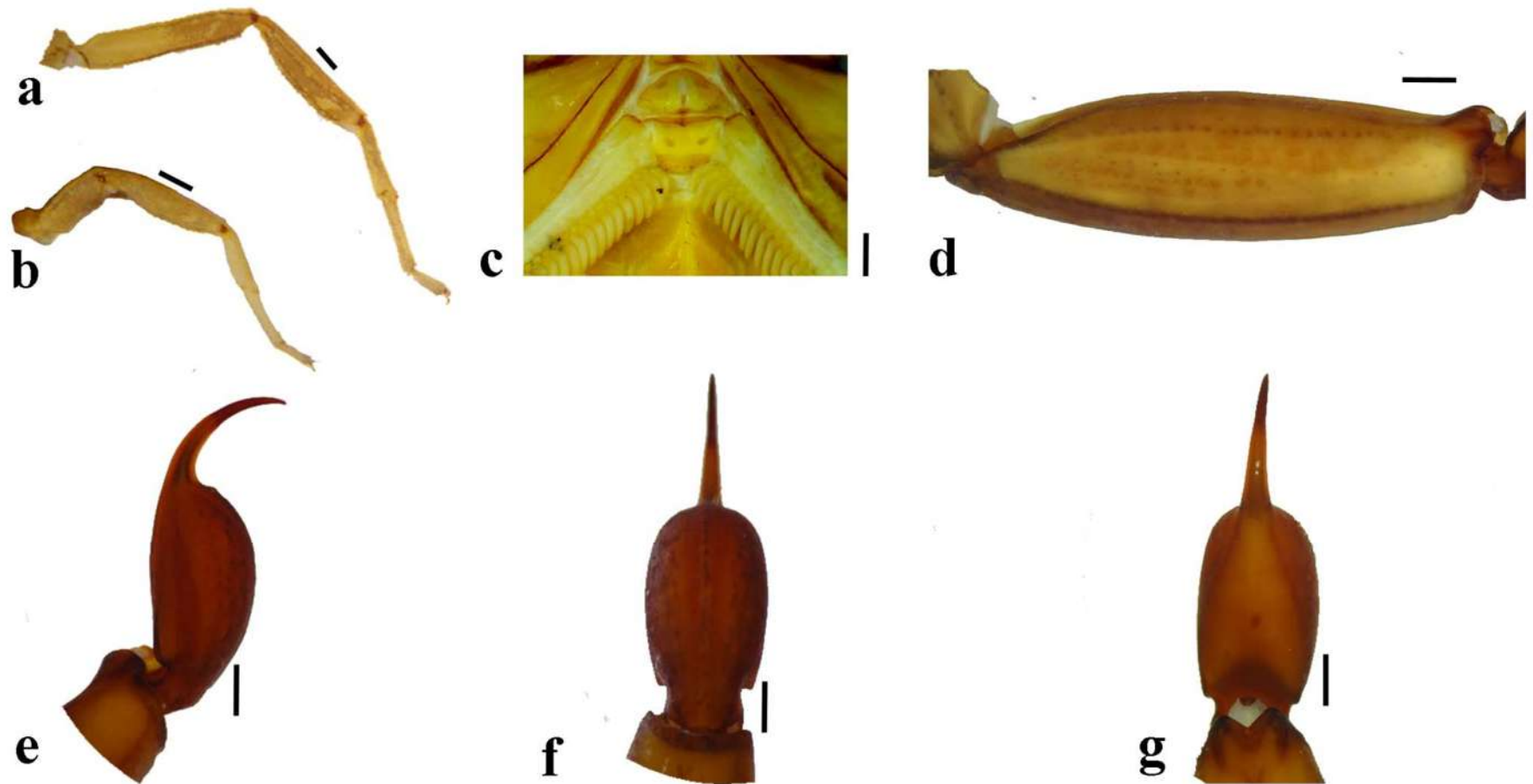
**FIGURE 1.** Habitus of dorsal and ventral views of holotype male and paratype female of *Centruroides ruana* sp. nov. Bars=10 mm.





**FIGURE 2.** Adult male paratype of *Centruroides ruana* sp. nov.: a–b) carapace; c–d) mesosoma dorsal; e) tergite VII; f) sternite VII; g) pedipalp femur dorsal; h) pedipalp patella dorsal; i) pedipalp chela, dorsoexternal view; j) j) pedipalp chela ventrointernal view.

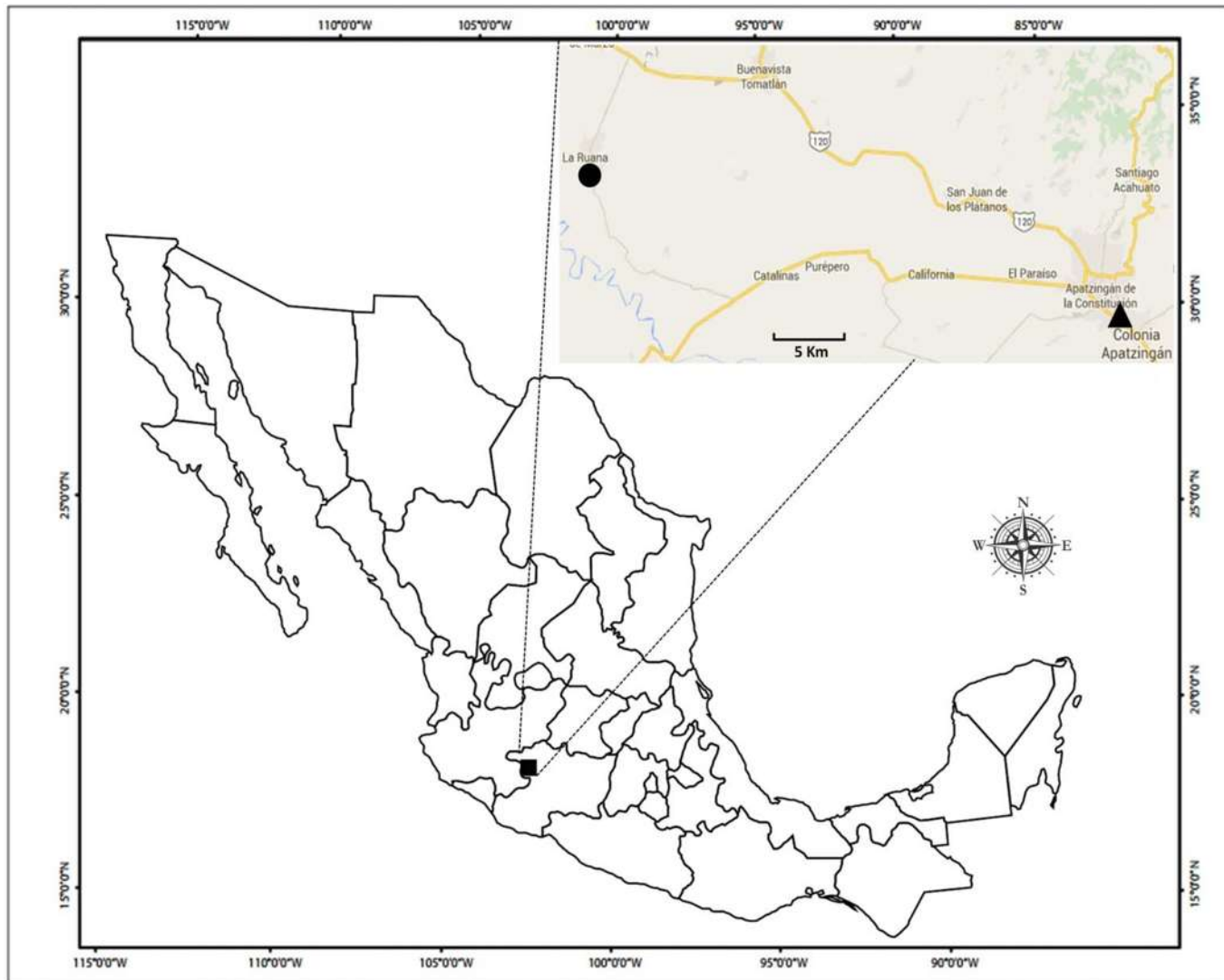
Notes: Figures a) and b) were taken under UV light to show granulation. Bars=1mm.



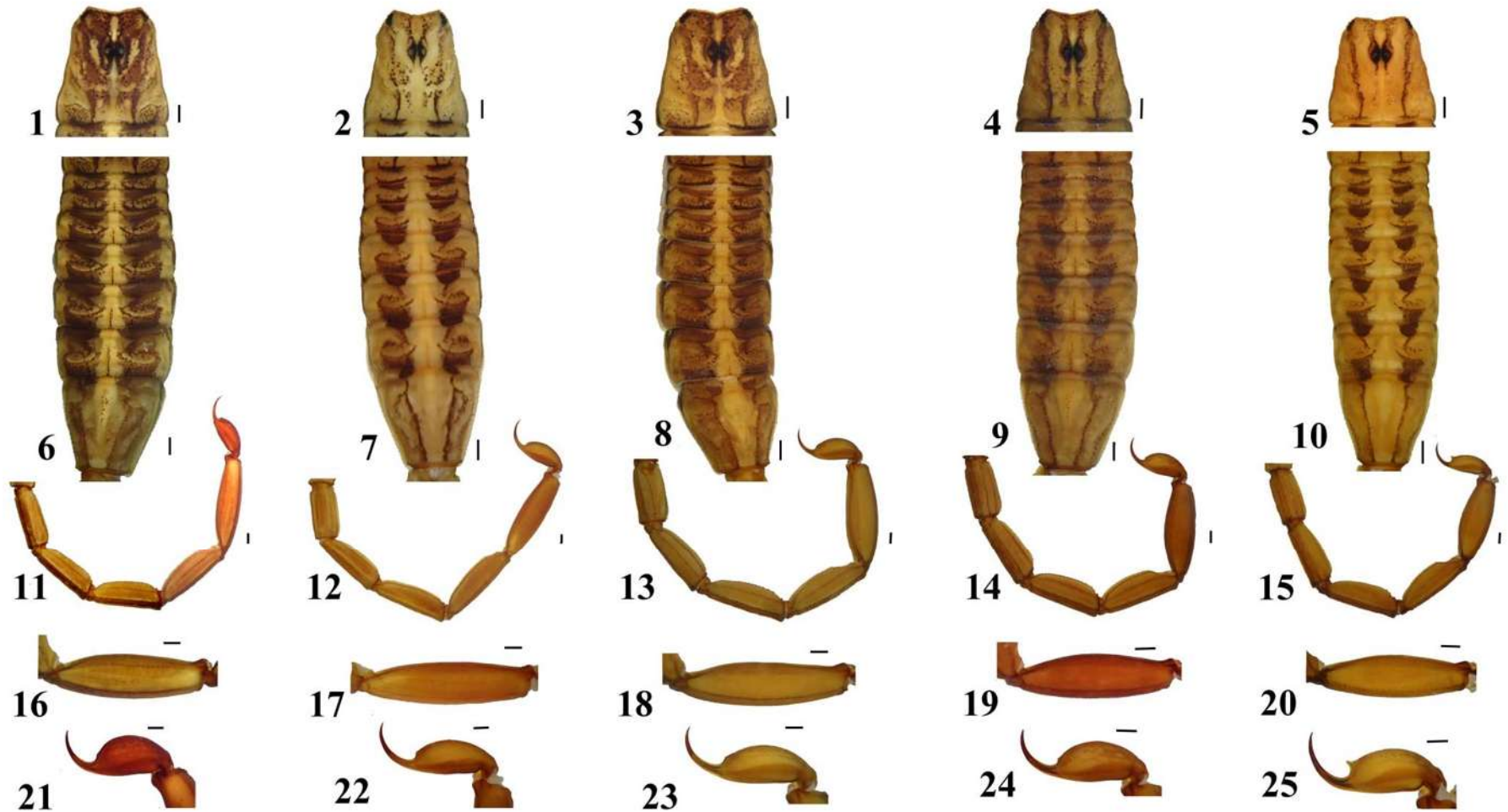
**FIGURE 3.** Adult male paratype of *Centruroides ruana* sp. nov. a) Pigmentation leg IV; b) Pigmentation leg I; c) basal pectinal plate; d) metasomal segment V lateral; e) telson lateral view; f) telson ventral view; g) telson dorsal view. Bars= 1mm.



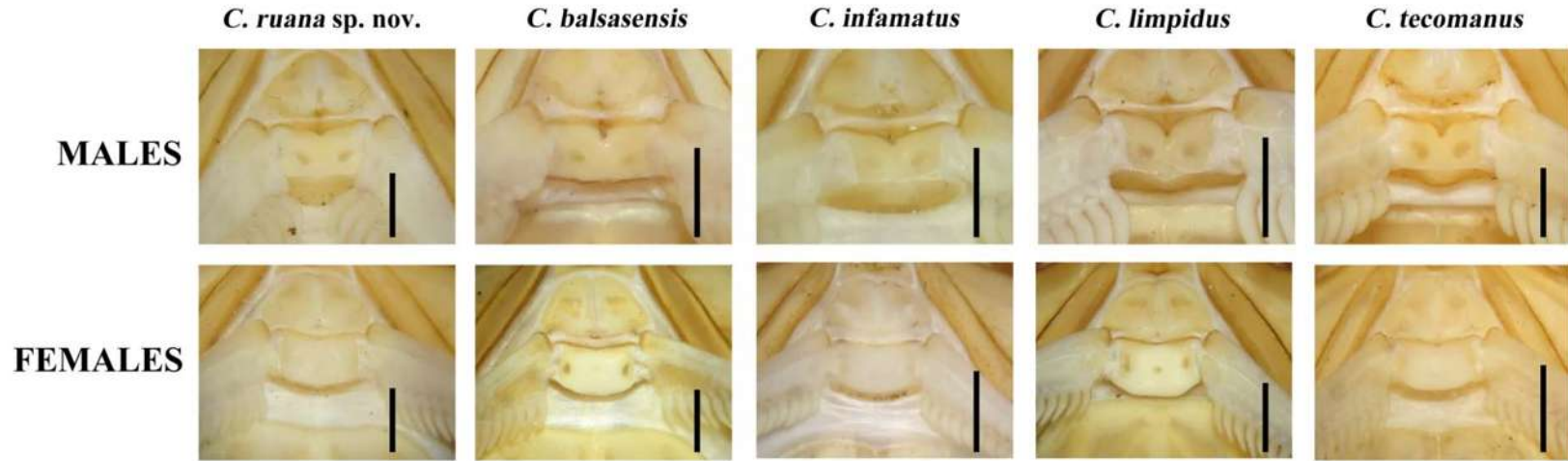
**FIGURE 4.** Sexual dimorphism in females *Centruroides ruana* sp. nov.: a) tergite VII; b) pedipalp chela dorsal view; c) pedipalp chela ventral view; d) basal pectinal plate; e) metasomal segment V, lateral view; f) telson, lateral view. Bars=1mm.



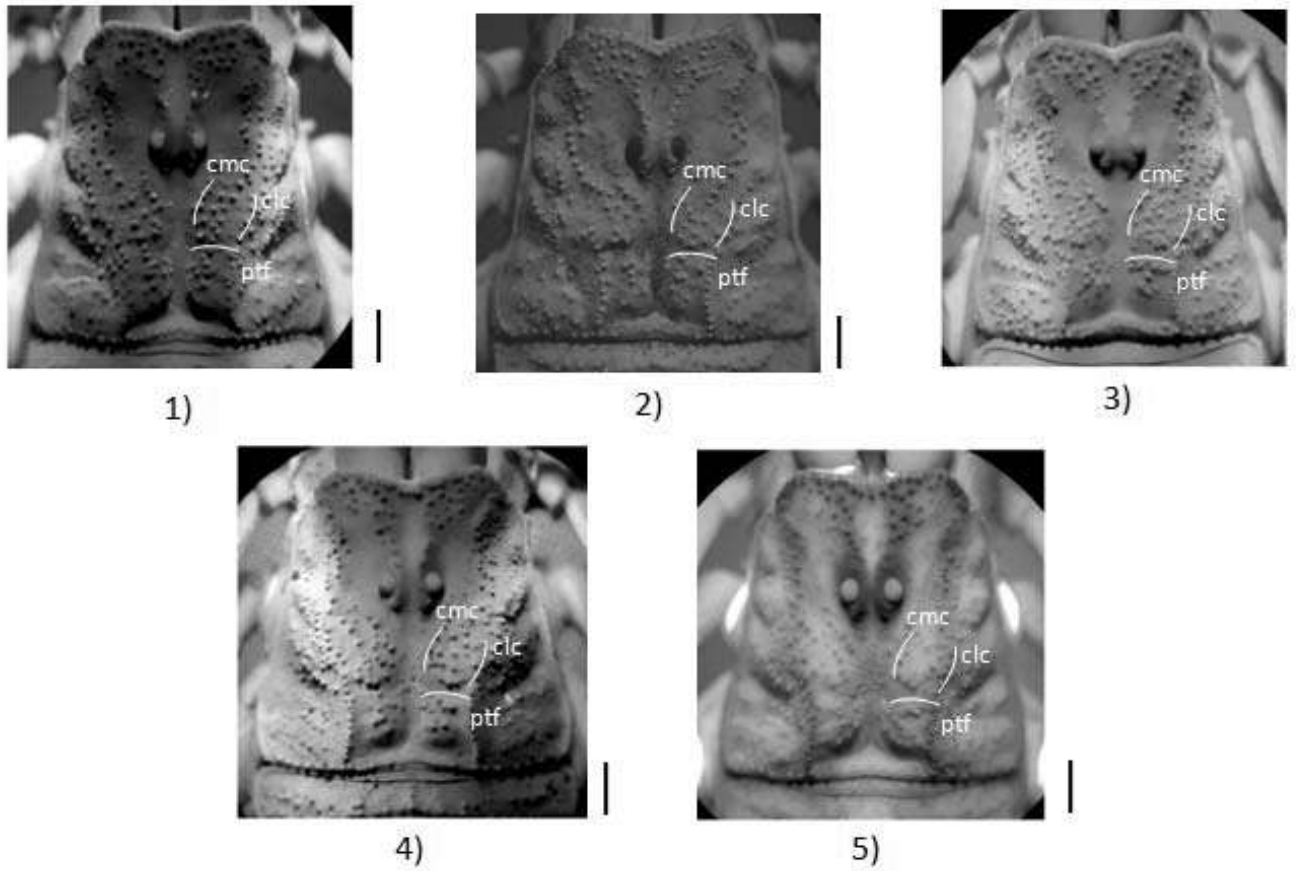
**FIGURE 5.** Known geographical distribution of *Centruroides ruana* sp. nov.: type-locality (●) and Apatzingán (Δ), Michoacán State, Mexico. Modified from Google Maps.



**FIGURE 6.** Morphological comparison between: 1) *Centruroides ruana* sp. nov., 2) *C. balsasensis*, 3) *C. infamatus*, 4) *C. limpidus* and 5) *C. tecomanus*. a) Pigmentation on the carapace, b) Pigmentation of mesosoma, c) Metasoma, lateral, d) metasomal segment V and e) Vesicle and subaculear tubercle. Bars=1mm.

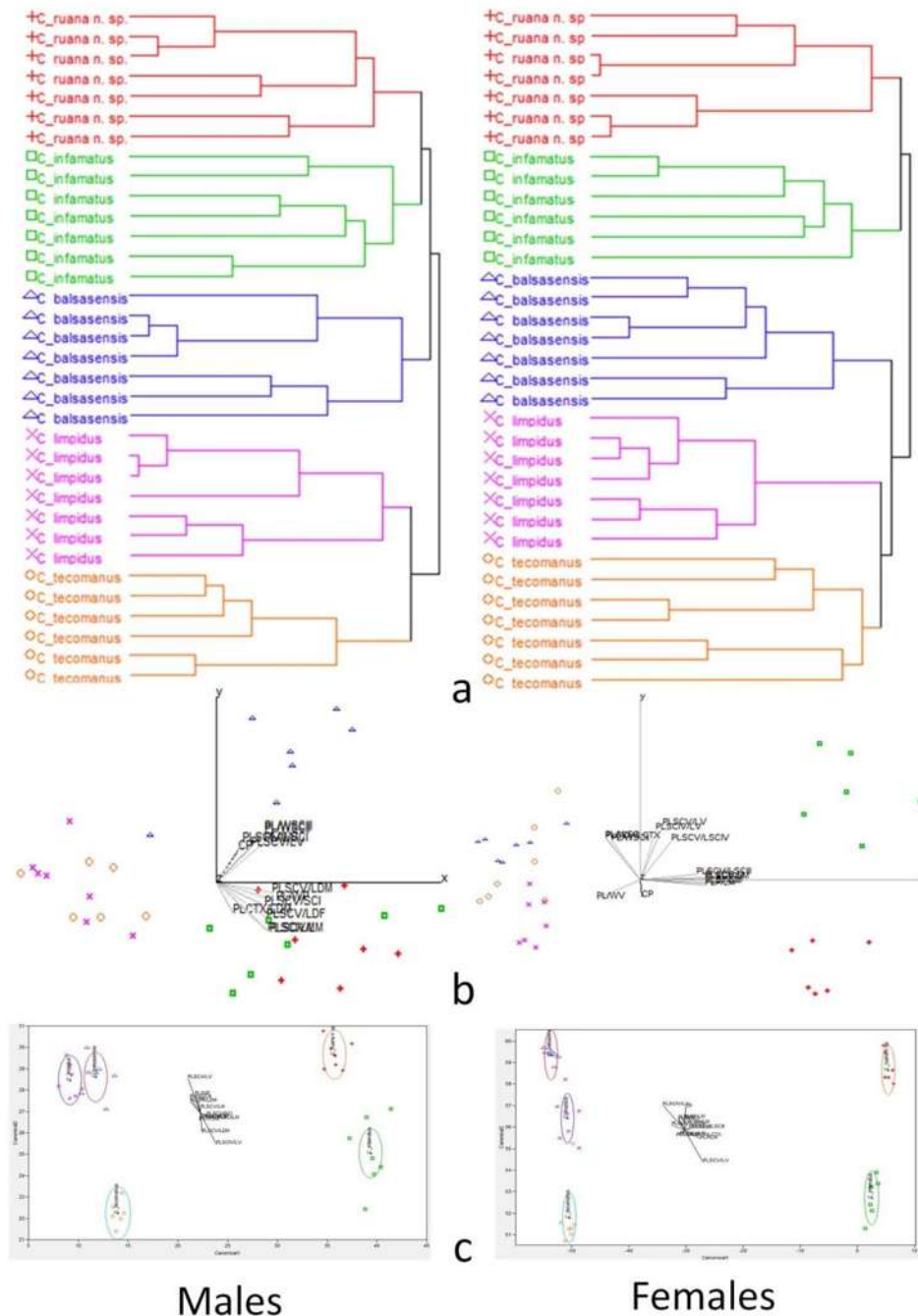


**FIGURE 7.** Comparison of pectinal plates of males and females of *Centruroides ruana* sp. nov. *C. balsasensis*, *C. infamatus*, *C. limpidus* and *C. tecomanus*. Bars=1mm.



**FIGURE 8.** Granulation comparison of carapace between: 1) *Centruroides ruana* sp. nov., 2) *C. balsasensis*, 3) *C. infamatus*, 4) *C. limpidus* and 5) *C. tecomanus*. Central median carinae (cmc), central lateral carinae (clc) and posterior transverse furrow (ptf).

Bars=1mm.



**FIGURE 9.** a) Clustering graphics obtained with Ward's method and standardized data, b) Ordination graphics of two first principal components of PCA and c) graphics obtained from Canonical Discriminant Analysis. All analyses were made with thirteen variables in females and fourteen in males. (plus symbol) *Centruroides ruana* sp. nov., (square) *C. infamatus*, (triangle) *C. balsasensis*, (letter X) *C. limpidus*, (circle) *C. tecomanus*.



### **Artículo 3.**

#### **Description of four new species of genus *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) from western Mexico**

\*Javier Ponce-Saavedra<sup>1</sup>, Ana F. Quijano-Ravell<sup>1</sup>, Rolando Teruel<sup>2</sup> y Oscar F. Francke<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Entomología “Biol. Sócrates Cisneros Paz”, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Edificio B-4, 2º piso. Ciudad Universitaria, 58060 Morelia, Michoacán, México.

<sup>2</sup>Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BIOECO), Museo de Historia Natural “Tomás Romay”; José A. Saco # 601, esquina a Barnada, Santiago de Cuba 90100, Cuba.

<sup>3</sup>Colección Nacional de Arácnidos, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apto. Postal 70–153, C. P. 04510, México, D. F., México.

\*Correspondencia: [ponce.javier0691@gmail.com](mailto:ponce.javier0691@gmail.com)

#### **Abstract**

Four new scorpion species belonging to the genus *Centruroides* Marx, 1890, are herein described from state of Jalisco in western México. The four species compose a compact group of closely-related taxa, which are not morphologically similar to any other mexican representatives of the genus except species *Centruroides ornatus* Pocock, 1902. A morphological and morphometric analysis that supports the distinction amongst all these five species is presented.

Key words: Taxonomy, Jalisco, morphometric analysis, *Centruroides ornatus*.

## Resumen

Se describen cuatro nuevas especies de escorpiones pertenecientes al género *Centruroides* Marx 1890, del estado de Jalisco, México occidental. Estas cuatro especies conforman un grupo compacto de taxones, los cuales están muy estrechamente relacionados entre sí pero no así con los demás representantes mexicanos del género excepto *Centruroides ornatus* Pocock, 1902. Se presenta un análisis morfológico y morfométrico que sustenta la distinción de estas cinco especies.

Palabras clave: Taxonomía, Jalisco, análisis morfométrico, *Centruroides ornatus*.

## Introduction

The family Buthidae currently contains 91 genera and 1,044 species worldwide. It is the most speciose family of the order (Rein, 2015). In Mexico, the family has two genera: *Centruroides* Marx, 1890, which nowadays includes 85 species native to the New World, 42 of them (two with subspecies-rank taxa) have been confirmed to occur in Mexico (Ponce-Saavedra & Francke, 2013a; Rein, 2015; Teruel et al., 2015); and *Chaneke* (Francke et al., 2014) with two species. *Centruroides* genus occurs from southern USA through north until western South-America, including the Galapagos Islands and the West Indies (Fet & Lowe, 2000). It is the most common and widespread genus and the only one having medical importance in Mexico (Ponce-Saavedra & Francke, 2013a).

The family Buthidae has an extensive distribution in Mexico, with species found in different types of vegetation and some with wide known geographical distribution, such as *C. limpidus* (Karsch, 1879) in the Balsas River Basin, *C. infamatus* (C. L. Koch, 1844) in the centre of the country, *C. gracilis* (Latreille, 1804) towards the Southeast, *C. exilicauda*

(Wood, 1863) in the Baja California Peninsula, and *C. vittatus* (Say, 1821) in the northeast of the country and the U. S. A. (Beutelspacher-Baigts, 2000; Gonzalez-Santillan, 2001; Ponce-Saavedra & Moreno-Barajas, 2005; Ponce-Saavedra & Francke, 2013).

The taxonomy of some species of *Centruroides* is problematic. Several described species are morphologically very similar altogether and remain incorrectly diagnosed, to the extent that their separation is difficult. This has led to repeated misidentifications and erroneous reports of wide distributions, while actually distinct and not so cryptic species have been lumped into a “highly variable” single taxon (Miranda, 2001; Hernández, 2002; Towler *et al.*, 2001; Ponce-Saavedra & Vázquez, 2007).

*Centruroides ornatus* Pocock is a species recently re described (Ponce-Saavedra *et al.* in press.) which included several populations with important morphological variation in the states of Jalisco, Guanajuato and Michoacán, México; however with this work we found four populations in the state of Jalisco that can be separated by morphological and morphometric characteristics of *C. ornatus*.

## **Methods & Material**

The present work it is part of a larger study where the specimens of the collections CAFBUM (Laboratorio de Entomología "Biol. Sócrates Cisneros Paz", Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México) and CNAN (Colección Nacional de Arácnidos, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México) determined as *C. ornatus* were reviewed. The specimens of each locality were collected by diurnal search under bark, rocks, and dead stumps in the state of Jalisco, Mexico. These specimens were directly compared with samples of *C.*

*ornatus* from the type locality north of the Santiago River in Jalisco, Mexico and following the original description (Pocock, 1902: 26) and the recent re description of this species (Ponce-Saavedra et al. in press).

All specimens were studied under a Zeiss Stemi DV4 stereomicroscope, equipped with a 0.1 mm precision ocular micrometer. Measurements and pectinal tooth counts were taken to reveal the morphometric and meristic variation of the species. The description was made according to nomenclature and measurements of Stahnke (1970), except for the description of carination of pedipalp chelae, which was made according to Acosta (2008) and that of metasomal segments according to Francke (1977).

## **Systematics**

### *Centruroides cisnerosi* **n sp.**

(Figures 1–2. Tables I-II)

**Type Data.** MEXICO: **Jalisco State:** Talpa de Allende Municipality: Ejido Toledo y Ejido Toledo y Yerbabuena; 20.37728°N - 104.98260°W; 2,238 m a.s.l.; July 21, 2014; coll. O. F. Francke, G. Contreras, D. Barrales, A. Valdez; 1♂ holotype (CNAN), 1♂, 20♀♀ paratypes (CNAN), 1♂, 2♀♀ paratypes (CAFBUM), 1♂, 2♀♀ paratypes (RTO).

**Etymology.** The specific name is dedicated as posthumous homage to Sócrates Cisneros Paz, first entomologist in the state of Michoacán, Mexico and founder of the Laboratory of Entomology of Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

**Diagnosis.** Adult size very small (males 26–29 mm, females 33–36 mm) for the genus. Base color pale yellowish brown, carapace symmetrically spotted with blackish brown,

without two broad, irregular dark stripes, tergites with two broad, irregular dark stripes faintly interconnected along posterior part of every tergite; pedipalps densely infusate, fingers vestigially infusate; metasoma with all carinae infusate and intercarinal spaces diffusely spotted. Pedipalps standard-sized, densely hirsute; hand elongate oval (length/width ratio 2.11–2.25 in males, 2.18–2.20 in females), with carinae moderate to strong, granulose to subcrenulate, internal surface with many small conical granules; fingers with 7–8 principal rows of denticles (basal most rows irregularly fused on movable finger), basal lobe/notch combination moderate. Metasoma moderately elongate and narrower distally, with 10/8/8/8/3 complete, strongly developed carinae; intercarinal spaces coriaceous, with small and medium-sized granules scattered on I. Telson elongate oval; vesicle coriaceous, subaculear tubercle small and widely conical, not too separate from base of aculeus. Pectines with 16–18 (mode 17) teeth in males and 14–17 (mode 16) in females; female basal plate with posterior margin widely convex, subtly bilobed, and with a moderately deep, small circular central pit.

**Description** (adult male holotype). Coloration: base color pale yellowish brown, paler on venter and legs. Chelicerae manus densely reticulate with blackish brown, with the distal part and fingers pale immaculate. Pedipalp trochanter, femur, patella, and external surface of hand densely infusate, fingers vestigially infusate. Carapace densely and symmetrically spotted with blackish brown, especially on posterolateral areas and on both sides of median axis as two very broad, irregular dark stripes (Fig. 2a). Tergites with two broad, irregular dark longitudinal stripes, separated by a pale stripe only partially (faintly connected along posterior part of every tergite, Fig. 2b). Pectines pale yellowish (Fig. 2c). Sternites essentially immaculate, only with lateral areas of every sternite and posterior

region of VII diffusely infusate; sternite VII with submedian and lateral carinae deeply infusate. Legs dorsally infusate (Fig. 2d). Metasoma with all segments same-colored, with all carinae moderately to deeply infusate, and intercarinal spaces diffusely and irregularly spotted with dark brown. Telson with distal half of vesicle diffusely spotted with dark brown, aculeus infusate with the distal half dark reddish (Fig. 2i).

Chelicerae (Fig. 2a): with dentition typical for the genus, teeth sharp. Tegument smooth, dorsodistal portion of manus with coarse and glossy granules arranged transversally, defining a flat area. Setation very dense ventrally, but essentially lacking dorsally, except for seven rigid macrosetae around flat area of manus.

Pedipalps: size proportionate to body (i.e., not particularly slender nor robust), orthobothriotaxic A- $\alpha$ . Trochanter densely setose, with some 20 macrosetae along anterior margin. Femur slightly curved inwards distally, internal margin with some 20 setae of various sizes; all carinae strong, coarsely granulose to subdentate; intercarinal spaces coriaceous, except dorsally finely granulose (Fig. 2e). Patella straight, with all carinae moderate to strong, granulose to subcrenulate except for those on the internal surface, which are subtly dentate; intercarinal spaces finely and densely granulose (Fig. 2f). Chela moderately elongate and setose, hand narrower than patella (ratio 0.80), elongate oval (2.25 times longer than wide), with all carinae weak and subgranulose, intercarinal spaces coriaceous except on internal surface, which possesses abundant small, conical granules and an oblique depression at fixed finger base (Fig. 2g). Fingers long and evenly curved, moderately setose, with apices remarkably narrow and curved, and the basal lobe/notch combination moderate; fixed finger with eight principal denticle rows; movable finger with 7–8 (the two basal most rows are irregularly fused), plus an apical subrow of four denticles basal to terminal denticle (Fig. 2g).

Carapace (Fig. 2a): trapezoidal and as long as wide; anterior margin widely V-shaped, smooth, with three pairs of macrosetae, posterior margin with medium to large granules all along, lateral margins finely granulose. Carination essentially absent: the only definable carinae are the superciliary (strong, formed by coarse, irregularly fused granules) and irregularly fused central medians and posterior medians (strong, formed by isolate, coarse granules). Intercarinal spaces very finely and densely granulose, with abundant coarse granules scattered all over dark areas.

Sternum (Fig. 2c): standard for the genus: type 1, relatively small, longer than wide, and triangular in shape, with two pairs of macrosetae; tegument finely and densely granulose.

Genital operculum (Fig. 2c): relatively small, valves subtriangular in shape, with three pairs of macrosetae; tegument smooth and glossy. Genital papillae slightly exposed.

Pectines (Fig. 2c): standard-sized for the genus (slightly passing over leg IV trochanter), subrectangular and moderately setose; tooth count 17/17. Basal plate rectangular, much wider than long; anterior margin with a deep, narrow anteromedian notch, posterior margin essentially straight; tegument smooth and glossy.

Legs: slender, with all carinae finely subserrate to costate, intercarinal tegument coriaceous except on dorsal surface of trochanter and femur (densely covered by medium to small granules). Tibial spurs absent, prolatral and retrolateral pedal spurs well developed in all legs. Ventral surface of telotarsi very densely covered by long and dark macrosetae not arranged into rows, without median row of spinules. Claws long and strongly curved.

Mesosoma (Fig. 2b): tergites with the same sculpture as on carapace; median longitudinal carina strong, coarsely granulose to subserrate, II–VI with irregular traces of an accessory pair of submedian carinae, VII with submedian and lateral carinae long, strong, and coarsely granulose. Sternites sparsely setose; III–VI acarinate and glossy but minutely and

densely punctate and granulose, especially on lateral areas, spiracles relatively long and slit-like, V with smooth patch vestigial and translucent, VII with submedian and lateral carinae long but not reaching anterior nor posterior margins, slightly granulose; intercarinal tegument very finely and densely granulose (Fig. 2d).

Metasoma: moderately elongate and narrower distally (width of segment I = II = III > IV > V), sparsely setose. With 10/8/8/8/3 complete to essentially complete carinae: dorsolaterals strongly subserrate to subdenticulate on I–III, weaker on IV, absent on V; lateral supramedians strongly subserrate on I–III, weakly subserrate on IV, essentially absent on V (barely indicated by a smooth basal edge); lateral inframedians strongly serrate on I, absent on II–V; ventrolaterals strongly subcrenulate on I–IV, very weakly subgranulose on V; ventrosubmedians strongly serrate to subserrate on I–III, weakly subserrate on IV, absent on V (Fig. 2h); ventromedian absent on I–IV, weakly subgranulose on V. Intercarinal tegument coriaceous, with small and medium-sized granules scattered on I only. Dorsal furrow moderate on all segments. Two pairs of ventrolateral macrosetae, plus some inconspicuous microsetae scattered over all carinae.

Telson (Fig. 2i): moderately setose. Vesicle elongate oval (2.00 times longer than wide and exactly as wide as deep), tegument coriaceous; ventromedian carina vestigial, ending in a subaculear tubercle small, widely conical and not particularly close nor separate from base of aculeus. Aculeus strongly curved and shorter than vesicle.

**Female** (paratype). In general, it is similar to the male, but sexual dimorphism is evident by: **1)** pedipalp hand shorter and more round in shape; **2)** genital papillae absent; **3)** pectines somewhat narrower and shorter (not reaching the coxa-trochanter joint of leg IV), with slightly lower tooth count; **4)** basal pectinal plate larger, with posterior margin widely convex, subtly bilobed, and with a moderately deep, small circular central pit; **5)** mesosoma



markedly wider, with sides strongly convex; **6**) metasomal segments and telson slightly shorter and more robust; **7**) metasomal segments with much better developed carinae, especially on IV–V.

**Variation.** Adult size varied in the entire sample as follows (tab. I): males 26.2–28.9 mm, females 33.2–35.7 mm. There are two size-classes in each sex, and inside each class males are remarkably smaller than females, which is opposite to the general trend for the genus *Centruroides*, i.e., males are conspicuously longer than same class females.

Pectinal tooth counts varied in the entire sample as follows (Table II): 16–18 in males and 14–17 in females, with well-defined modes of 17 and 16 in each sex, respectively.

**Distribution** (Fig. 9): known only from the type-locality, in western Jalisco.

**Ecological Notes.** The collecting site is located up in the Sierra Madre Occidental mountain range. According to the label data, all specimens were collected at night with the aid of UV light, in the ground of a pine forest at an altitude of 2,238m a.s.l. From the number of specimens collected (28 in a single sampling), it seems that the species is fairly common at least in the place and data of collection.

*Centruroides luisarmasi* **n sp**

(Figures 3–4. Tables I-II)

**Type Data.** MEXICO: **Jalisco State:** Talpa de Allende Municipality: El Tuito, ca. 24 km along gravel road to Talpa de Allende; 20°21.674'N - 105°08.017'W; 1,863m a.s.l.; August 2, 2005; coll. R. Mercurio, E. González; 1♂ holotype, 1♀ paratype (CNAN).

**Etymology.** The specific name is dedicated to Luis F. de Armas Chaviano, expert arachnologist for his contributions to knowledge of arachnids of Cuba and other countries from the world.

**Diagnosis.** Adult size very small (male 30 mm, female 36 mm) for the genus. Base color pale yellow, carapace symmetrically spotted with blackish brown, without two broad, irregular dark stripes, tergites with two broad, irregular dark stripes not interconnected; pedipalps essentially immaculate, fingers distally infusate; metasoma only with a thin, dark ventromedian line along I–V. Pedipalps short and slender, not densely hirsute; hand oval (length/width ratio 1.80 in male, 2.00 in females), with carinae moderate, finely subcrenulate, internal surface with many small conical granules; fingers with eight principal rows of denticles including basal most row very long (spanning over basal third of finger), basal lobe/notch combination vestigial. Metasoma only slightly elongate and narrower distally, with 10/8/8/8/3 complete, strongly developed carinae; intercarinal spaces coriaceous, with small and medium-sized granules scattered on all segments. Telson oval; vesicle coriaceous, with vestigial granules basally on ventral surface, subaculear tubercle conical, separate from base of aculeus. Pectines with 18 teeth in males and 16–17 in females; female basal plate with posterior margin widely convex, subtly bilobed, and with a moderately deep, small circular central pit.

**Description** (adult male holotype). Coloration: base color pale yellow, paler on chelicerae, venter, and legs. Chelicera manus diffusely reticulate with blackish brown on the distal half, with a median area and the fixed fingers pale immaculate, movable finger diffusely infusate. Pedipalps essentially pale immaculate, only with the trochanter very sparsely infusate and a small but elongate dark spot basally on external surface of chela hand,

fingers distally infusate. Carapace densely and symmetrically spotted with blackish brown, especially on posterolateral areas and on both sides of median axis as two very broad, irregular dark stripes (Fig. 4a). Tergites with two very broad, irregular dark longitudinal stripes, completely separated by a pale stripe (Fig. 4b). Pectines whitish (Fig. 4c). Sternites with lateral margins diffusely infusate, V–VI very diffusely spotted along both sides of median axis, progressively darker and denser towards VI; sternite V with smooth patch large and whitish; sternite VII with two small but well-defined spots on anterior margin, plus two more somewhat sparser beyond the former (Fig. 4d). Legs dorsally infusate. Metasoma with all segments same-colored, essentially pale immaculate, only with a thin, blackish ventromedian line all along I–IV and continued basally on V. Telson with vesicle pale immaculate, aculeus with basal half infusate and distal half dark reddish.

Chelicerae (Fig.4a): with dentition typical for the genus, teeth sharp. Tegument smooth, dorsodistal portion of manus with coarse and glossy granules arranged transversally, defining a flat area. Setation very dense ventrally, but essentially lacking dorsally, except for seven rigid macrosetae around flat area of manus.

Pedipalps: short and slender, orthobothriotaxic A- $\alpha$ . Trochanter ordinarily setose, with 6–8 setae of different sizes along anterior margin. Femur slightly curved inwards distally, internal margin with about four pairs of setae of ordinary size; all carinae strong, finely subdenticulate to serrate; intercarinal spaces densely granulose (Fig. 4e). Patella straight, with all carinae finely crenulate except for those on the internal surface, which are coarsely dentate; intercarinal spaces finely and densely granulose (Fig. 4f). Chela slightly elongate and setose, hand slightly narrower than patella (ratio 0.91), oval (1.80 times longer than wide), slightly wider basally, with all carinae moderate, finely subcrenulate, intercarinal spaces coriaceous except on internal surface, which possesses abundant conical granules

and an oblique depression at fixed finger base (Fig. 4g). Fingers long and evenly curved, sparsely setose, with apices moderately narrow and curved, and the basal lobe/notch combination vestigial; fixed finger with eight principal denticle rows (the basalmost row very long, spanning over basal third of finger); movable finger with eight, plus an apical subrow of three denticles basal to terminal denticle (Fig. 4g).

Carapace (Fig. 4a): trapezoidal and slightly wider than long; anterior margin very widely V-shaped, finely denticulate, with a single pair of macrosetae located around anteromedian furrow, posterior margin smooth, lateral margins finely granulose. Carination essentially absent: the only definable carinae are the superciliary (coarsely subgranulose) and irregularly fused central medians and posterior medians (coarsely granulose). Intercarinal spaces very finely and densely granulose, with coarse granules scattered all over dark areas.

Sternum (Fig. 4a): standard for the genus: type 1, relatively small, longer than wide, and subtriangular in shape, with two pairs of macrosetae; tegument finely and densely granulose.

Genital operculum (Fig. 4c): relatively small, valves subtriangular in shape, with two pairs of macrosetae; tegument smooth and glossy. Genital papillae thick, exposed.

Pectines (Fig. 4c): standard-sized for the genus (slightly passing over leg IV trochanter), rectangular and moderately setose; tooth count 18/18. Basal plate trapezoidal, much wider than long; anterior margin widely V-shaped, with a shallow anteromedian notch, posterior margin straight; tegument coriaceous.

Legs: slender, with all carinae finely subserrate to smooth, intercarinal tegument coriaceous except on dorsal surface of trochanter and femur (densely covered by medium and small granules). Tibial spurs absent, prolateral and retrolateral pedal spurs well developed in all

legs. Ventral surface of telotarsi very densely covered by long and dark macrosetae not arranged into rows, without median row of spinules. Claws long and strongly curved.

Mesosoma (Fig. 4b): tergites with the same sculpture as on carapace; median longitudinal carina strong, finely granulose, VII with submedian and lateral carinae long, strong, and finely crenulate. Sternites sparsely setose, spiracles relatively long and slit-like; III–V acarinate and glossy but minutely and densely punctate and granulose, especially on lateral areas, V with smooth patch large and whitish, VI with a pair of short and weakly crenulate submedian carinae, VII with submedian and lateral carinae long but not reaching anterior nor posterior margins, finely crenulate; intercarinal tegument very finely and densely granulose.

Metasoma (Fig. 4h): only slightly elongate and narrower distally (width of segment I > II = III > IV = V), sparsely setose. With 10/8/8/8/3 complete to essentially complete carinae: dorsolaterals strongly serrate on I–III, idem but weaker on IV, absent on V; lateral supramedians strongly serrate on I–II, moderately subserrate on III–IV, essentially absent on V (barely indicated by vestigial granules on basal portion); lateral inframedians strongly serrate on I, absent on II–V (indicated by a few distal granules on II); ventrolaterals strongly serrate on I–III, idem but weaker on IV, weakly subserrate on V; ventrosubmedians strongly serrate on I–IV, indicated by serrate vestiges on basal third of V; ventromedian absent on I–IV, weakly subserrate on V (Fig. 4h). Intercarinal tegument coriaceous, with abundant granules scattered on all segments but progressively sparser and smaller towards segment V. Dorsal furrow moderate on all segments. Two pairs of ventrolateral macrosetae, plus some inconspicuous microsetae scattered over all carinae.

Telson (Fig. 4i): sparsely setose. Vesicle oval (1.80 times longer than wide and exactly as wide as deep), tegument coriaceous, with vestigial granules scattered on basal third of

ventral surface; ventromedian carina vestigial, ending in a well-developed, conical subaculear tubercle, separate from base of aculeus. Aculeus strongly curved and shorter than vesicle.

**Female** (paratype). In general, it is similar to the male, but sexual dimorphism is evident by: **1)** pedipalp hand shorter and more round in shape; **2)** genital papillae absent; **3)** pectines somewhat narrower and shorter (not reaching the coxa-trochanter joint of leg IV), with lower tooth count of 16/17; **4)** basal pectinal plate wider, with posterior margin widely convex, subtly bilobed, and with a moderately deep, small circular central pit; **5)** mesosoma markedly wider, with sides strongly convex; **6)** metasomal segments and telson slightly shorter and more robust.

**Variation.** Only two specimens of opposite sex are known; both are adults and belong to the same size-class. The male is remarkably smaller than the female, which is opposite to the general trend for the genus *Centruroides*, i.e., males are conspicuously longer than same class females.

Apart from sexual secondary characters mentioned above, the single difference with respect to holotype male is that paratype female possess an asymmetric count of 3/4 denticles in the apical subrow of pedipalp movable finger.

**Distribution** (Fig. 9): known only from the type-locality, in western Jalisco.

**Ecological Notes.** The collecting site is located up in the Sierra Madre Occidental mountain range. According to the label data, both specimens were collected under rocks in daytime, in the ground of a pine forest at an altitude of 1,638 m a.s.l.

*Centruroides baldazi* **n sp.**

(Figures 5–6. Tables I-II)

**Type Data.** MEXICO: **Jalisco State:** Tapalpa Municipality: 1 km east of Los Espinos; 19.98318°N - 103.73019°W; 2,294 m a.s.l.; July 21, 2012; coll. O. F. Francke, G. Contreras, D. Barrales, A. Valdez; 1♂ holotype, 1♀ paratype, 1 subadult ♂ paratype (CNAN) 1♂, 1♀ paratypes (CAFBUM).

**Etymology.** The specific name is dedicated to José Guadalupe Baldazo Monsivaiz, for his contribution to knowledge of scorpions of state of Guerrero, México.

**Diagnosis.** Adult size small (males 37 mm, females 32–33 mm) for the genus. Base color pale yellow, carapace symmetrically spotted with blackish brown, without two broad, irregular dark stripes, tergites with two broad, irregular dark stripes not interconnected; pedipalps diffusely spotted, fingers irregularly infuscate; metasoma with all carinae infuscate plus dark reticulations over lateral and ventral surfaces. Pedipalps short and somewhat robust, densely hirsute; hand short oval (length/width ratio 1.51 in male, 2.00–2.20 in females), with carinae moderate, finely granulose to subgranulose, internal surface with many small conical granules; fingers with eight principal rows of denticles including basalmost row very long (about twice as others), basal lobe/notch combination moderately strong. Metasoma only slightly elongate and essentially parallel-sided, with 10/8/8/8/5 complete, very strongly developed carinae; intercarinal spaces coriaceous, with a few small granules scattered on segment I. Telson oval; vesicle coriaceous, with vestigial granules basally on ventral surface, subaculear tubercle sharp conical, not too separate from base of aculeus. Pectines with 20 teeth in males and 18–20 (mode 18) in females; female basal plate with posterior margin widely convex, not bilobed, and without central pit.

**Description** (adult male holotype). Coloration: base color pale yellow, paler on chelicerae, venter, and legs. Chelicera manus diffusely reticulate with blackish brown, more diffusely basally and pale immaculate distally the distal half, fingers diffusely infusate. Pedipalps with all segments diffusely infusate. Carapace densely and symmetrically spotted with blackish brown, especially on posterolateral areas and on both sides of median axis as two very broad, irregular dark stripes (Fig. 6a). Tergites with two very broad, irregular dark longitudinal stripes, completely separated by a pale stripe (Fig. 6b). Pectines whitish (Fig. 6c). Sternites III–IV essentially pale immaculate, VI diffusely infusate, VII with five irregular but well-defined dark spots (two on anterior margin and three symmetrically spaced on posterior margin) (Fig. 6d). Legs with the dorsodistal portion of every segment infusate. Metasoma with all segments same-colored, with all carinae infusate plus dark reticulations interspersed all over lateral and ventral surfaces, progressively sparser towards segment V. Telson diffusely trifasciate: vesicle with a thin but well-defined, dark ventromedian line all along vesicle (progressively broader distally), plus vestiges of two dark ventrosubmedian stripes; aculeus with basal half infusate and distal half dark reddish. Chelicerae (Fig. 6a): with dentition typical for the genus, teeth sharp. Tegument smooth, dorsodistal portion of manus with coarse and glossy granules arranged transversally, defining a flat area. Setation very dense ventrally, but essentially lacking dorsally, except for seven rigid macrosetae around flat area of manus.

Pedipalps: short and somewhat robust, orthobothriotaxic A- $\alpha$ . Trochanter densely setose, with some 20 setae of different sizes along anterior margin. Femur slightly curved inwards distally, internal margin with about 16 setae of different sizes; all carinae strongly granulose to subserrate; intercarinal spaces coriaceous (Fig. 6e). Patella essentially straight, with all carinae finely granulose to subcrenulate except for those on the internal surface,



which are coarsely dentate; intercarinal spaces coriaceous (Fig. 6f). Chela elongate and setose, hand as wide as patella (ratio 1.00), short oval (1.50 times longer than wide), wider medially, with all carinae moderate, finely granulose to subgranulose, intercarinal spaces coriaceous except on internal surface, which possesses abundant small, conical granules and an oblique depression at fixed finger base (Fig. 6g). Fingers long and evenly curved, moderately setose, with apices conspicuously narrow and curved, and the basal lobe/notch combination moderately strong; fixed finger with eight principal denticle rows (the basalmost row very long, about twice as others); movable finger with eight, plus an apical subrow of four denticles basal to terminal denticle (Fig. 6g).

Carapace (Fig. 6a): trapezoidal and slightly wider than long; anterior margin very widely V-shaped, finely crenulate, with two pairs of macrosetae, posterior margin smooth, lateral margins finely granulose. Carination essentially absent: the only definable carinae are the superciliary (coarsely subgranulose) and irregularly fused central medians and posterior medians (coarsely granulose). Intercarinal spaces very finely and densely granulose, with coarse granules scattered all over dark areas.

Sternum (Fig. 6b): standard for the genus: type 1, relatively small, longer than wide, and subtriangular in shape, with two pairs of macrosetae; tegument finely and densely granulose.

Genital operculum (Fig. 6c): relatively small, valves subtriangular in shape, with two pairs of macrosetae; tegument smooth and glossy. Genital papillae greatly exposed.

Pectines (Fig. 6c): standard-sized for the genus (slightly passing over leg IV trochanter), subrectangular and moderately setose; tooth count 20/20. Basal plate trapezoidal, much wider than long; anterior margin widely V-shaped, with a shallow anteromedian notch, posterior margin straight; tegument coriaceous.

Legs: slender, with all carinae finely subserrate to smooth, intercarinal tegument coriaceous except on dorsal surface of trochanter and femur (densely covered by medium and small granules). Tibial spurs absent, prolateral and retrolateral pedal spurs well developed in all legs. Ventral surface of telotarsi very densely covered by long and dark macrosetae not arranged into rows, without median row of spinules. Claws long and strongly curved.

Mesosoma (Fig. 6b): tergites with the same sculpture as on carapace; I–VI with median longitudinal carina strong and coarsely granulose, with traces of a pair of submedian carinae, VII with median longitudinal carina doubled, strong and coarsely granulose, and with submedian and lateral carinae long, strong, and coarsely crenulate. Sternites III–VI acarinate, smooth and glossy, with abundant dark setae, spiracles relatively long and slit-like; V with smooth patch translucent; VII with submedian and lateral carinae long but not reaching anterior nor posterior margins, coarsely subcrenulate; intercarinal tegument very finely and densely granulose (Fig. 6d).

Metasoma: only slightly elongate, essentially parallel-sided (width of segment I = II = V > III = IV), moderately setose. With 10/8/8/8/5 complete to essentially complete carinae: dorsolaterals strong, coarsely denticulate on I–III, idem but weaker on IV, absent on V; lateral supramedians strong and coarsely subserrate to subdenticulate on I–IV, very weak and coarsely subserrate on V; lateral inframedians strong and coarsely serrate on I, absent on II–V (indicated by a 2–3 distal granules on II); ventrolaterals strong and coarsely serrate on I–IV, idem but weaker on V (Fig. 6h); ventrosubmedians strongly serrate on I–IV, indicated by irregular granules on basal portion of V; ventromedian absent on I–IV, weakly serrate on V. Intercarinal tegument coriaceous, with a few small granules scattered on segment I. Dorsal furrow moderate on all segments. Two pairs of ventrolateral macrosetae, plus some inconspicuous microsetae scattered over all carinae.

Telson (Fig. 6i): sparsely setose. Vesicle oval (1.67 times longer than wide, 0.86 times wider than deep), tegument coriaceous; ventromedian carina essentially obsolete, subaculear tubercle sharp conical, not too separate from base of aculeus. Aculeus strongly curved and shorter than vesicle.

**Female** (paratype). In general, it is similar to the male, but sexual dimorphism is evident by: **1)** coloration with dark pattern remarkably darker and denser; **2)** pedipalp hand shorter and more round in shape; **3)** genital papillae absent; **4)** pectines somewhat narrower and shorter (not reaching the coxa-trochanter joint of leg IV), with slightly lower tooth count; **5)** basal pectinal plate larger, with posterior margin widely convex, and lacking central pit; **6)** mesosoma markedly wider, with sides strongly convex; **7)** metasomal segments and telson slightly shorter and more robust, with all carinae stronger.

**Variation.** The adult male paratype was collected and preserved shortly after its last ecdysis; in such state, dimensions and morphometric ratios are unreliable, this is the reason why its measurements were not taken here. Nevertheless, it is worth mention here that it is slightly larger than holotype, thus, both specimens presumably belong to the same size-class.

In the four specimens available, pectinal tooth count was 20/20 in both males, while the two females had 18/18 and 19/20, respectively, and the gynandromorph had a count of 21/20 (Table I-II).

**Comparisons.** This species is very easy to distinguish from the other three related taxa described herein by its clearly higher pectinal tooth counts: 20 in male, 18–20 in females, and up to 21 in unsexed specimen; the others possess counts lower than 18 and 17 for each sex, respectively (tab. V). Moreover, even though the sample of *C. tapalpa* **n.sp.** is small, it

seems to differ also in relative size of both sexes: males are larger than same class females, while in the other three species there is an opposite relation (tabs. I–IV).

**Distribution** (fig. ??): known only from the type-locality, in central Jalisco.

**Ecological Notes.** The collecting site is located up in the Neovolcanic Transverse Belt mountain range. According to the label data, the specimens were collected at night with UV light, in the ground of a pine forest at an altitude of 2,294 m a.s.l.

*Centruroides autlan* n sp.

(Figures 7–8. Tables I-II)

**Type Data.** MEXICO: **Jalisco State:** Autlán de Navarro Municipality: RB Manantlán: Ejido Ahuacapan; 19.62993°N -104.30436°W; 2,052 m a.s.l.; April 2, 2012; coll. L. Olguín, J. Mendoza, G. Contreras, C. Santibáñez, D. Ortiz; 1♂ holotype, 1♀ paratype (CNAN) 1♂, 1♀ paratypes (CAFBUM), 1♂ paratype (BIOECO).

**Etymology.** The specific name refers to the type locality in the state of Jalisco, Mexico.

**Diagnosis.** Adult size very small (males 24–28 mm, females 33–37 mm) for the genus.

Base color pale yellow, carapace symmetrically spotted with blackish brown, without two broad, irregular dark stripes, tergites with two broad, irregular dark stripes not interconnected; pedipalps diffusely spotted, fingers irregularly infuscate; metasoma with all carinae infuscate plus dark reticulations over lateral and ventral surfaces. Pedipalps short and slender, moderately hirsute; hand elongate oval (length/width ratio 2.00–2.11 in male, 2.08–2.20 in females), with carinae moderate, subcrenulate, internal surface with many small conical granules; fingers with eight principal rows of denticles including basalmost

row of ordinary size (only slightly longer), basal lobe/notch combination vestigial.

Metasoma only slightly elongate and narrower distally, with 10/8/8/8/5 complete, strongly developed carinae; intercarinal spaces coriaceous, with abundant granules scattered on all segments. Telson short oval; vesicle coriaceous, with vestigial granules basally on ventral surface, subaculear tubercle strong, sharply conical, separate from base of aculeus. Pectines with 16–17 (mode 17) teeth in males and 13–15 (mode 15) in females; female basal plate with posterior margin widely convex, subtly bilobed, and with a moderately deep, small circular central pit.

**Description** (adult male holotype). Coloration: base color pale yellow, paler on chelicerae, venter, and legs. Chelicera manus diffusely reticulate with blackish brown, more diffusely basally and essentially pale immaculate distally, fingers diffusely infusate. Pedipalps with all segments diffusely infusate. Carapace densely and symmetrically spotted with blackish brown, especially on posterolateral areas and on both sides of median axis as two very broad, irregular dark stripes (Fig. 8a). Tergites with two very broad, irregular dark longitudinal stripes, completely separated by a pale stripe ((Fig. 8b). Pectines whitish (Fig. 8c). Sternites III–IV essentially pale immaculate, VI diffusely infusate, VII with five irregular but well-defined dark spots (two on anterior margin and three symmetrically spaced on posterior margin) (Fig. 8d). Legs with the dorsodistal portion of every segment infusate. Metasoma with all segments same-colored, with all carinae infusate plus dark reticulations interspersed all over lateral and ventral surfaces, progressively sparser towards segment V. Telson diffusely trifasciate: vesicle with a thin but well-defined, dark ventromedian line all along vesicle (progressively broader distally), plus vestiges of two

dark ventrosubmedian stripes; aculeus with basal half infusate and distal half dark reddish (Fig. 8i).

Chelicerae (Fig. 8a): with dentition typical for the genus, teeth sharp. Tegument smooth, dorsodistal portion of manus with coarse and glossy granules arranged transversally, defining a flat area. Setation very dense ventrally, but essentially lacking dorsally, except for seven rigid macrosetae around flat area of manus.

Pedipalps: short and slender, orthobothriotaxic A- $\alpha$ . Trochanter moderately setose, with some 10 macrosetae along anterior margin. Femur moderately curved inwards distally, internal margin with 3–4 pairs of setae of ordinary size; all carinae strongly subdenticulate to serrate; intercarinal spaces finely and densely granulose (Fig. 8e). Patella straight, with all carinae finely crenulate except for those on the internal surface, which are coarsely dentate; intercarinal spaces very finely and densely granulose (Fig. 8f). Chela elongate and sparsely setose, hand slightly wider than patella (ratio 1.10), elongate oval (2.00 times longer than wide), wider medially, with all carinae moderate, subcrenulate, intercarinal spaces coriaceous except on internal surface, which possesses abundant conical granules and an oblique depression at fixed finger base (Fig. 8g). Fingers long and evenly curved, sparsely setose, with apices moderately narrow and curved, and the basal lobe/notch combination vestigial; fixed finger with eight principal denticle rows (the basalmost only slightly longer); movable finger with eight, plus an apical subrow of four denticles basal to terminal denticle (Fig. 8g).

Carapace (Fig. 8a): trapezoidal and slightly wider than long; anterior margin very widely V-shaped, finely denticulate, with a single pair of macrosetae around anteromedian furrow, posterior margin smooth, lateral margins finely granulose. Carination essentially absent: the only definable carinae are the superciliary (coarsely subgranulose) and irregularly fused

central medians and posterior medians (coarsely granulose). Intercarinal spaces very finely and densely granulose, with coarse granules scattered all over dark areas.

Sternum (Fig. 8c): standard for the genus: type 1, relatively small, longer than wide, and subtriangular in shape, with two pairs of macrosetae; tegument coriaceous.

Genital operculum (Fig. 8c): relatively small, valves subtriangular in shape, with two pairs of macrosetae; tegument smooth and glossy. Genital papillae greatly exposed.

Pectines (Fig. 8c): standard-sized for the genus (slightly passing over leg IV trochanter), subrectangular and moderately setose; tooth count 17/16. Basal plate trapezoidal, much wider than long; anterior margin widely V-shaped, with a deep anteromedian notch, posterior margin straight; tegument coriaceous.

Legs: slender, with all carinae finely subserrate to smooth, intercarinal tegument coriaceous except on dorsal surface of trochanter and femur (densely covered by medium and small granules). Tibial spurs absent, prolateral and retrolateral pedal spurs well developed in all legs. Ventral surface of telotarsi very densely covered by long and dark macrosetae not arranged into rows, without median row of spinules. Claws long and strongly curved.

Mesosoma (Fig. 8b): tergites with the same sculpture as on carapace; I–VI with median longitudinal carina finely serrate, with traces of a pair of submedian carinae, VII with median longitudinal carina finely serrate, and with submedian and lateral carinae long, strong, and finely serrate. Sternites III–VI acarinate, smooth and glossy, with sparse small setae, spiracles relatively long and slit-like; V with smooth patch translucent; VII with submedian and lateral carinae long but not reaching anterior nor posterior margins, finely serrate; intercarinal tegument very finely and densely granulose (Fig. 8d).

Metasoma: only slightly elongate and narrower distally (width of segment I > II = III = IV > V), sparsely setose. With 10/8/8/8/5 complete to essentially complete carinae:

dorsolaterals strong, finely serrate on I–III, moderate and finely subdenticulate on IV, absent on V; lateral supramedians strong and finely serrate on I–III, moderate and finely subdenticulate on IV, weak and finely subdenticulate on V (Fig. 8h); lateral inframedians strong and finely serrate on I, absent on II–V (indicated by a 4–5 distal granules on II); ventrolaterals strong and finely serrate on I–IV, moderate and finely serrate to subdenticulate on V; ventrosubmedians strong and finely serrate on I–IV, indicated by finely subdenticulate vestiges on basal third of V; ventromedian absent on I–IV, weak and finely serrate to subdenticulate on V. Intercarinal tegument coriaceous, with abundant granules scattered, progressively smaller and sparser towards segment V (Fig. 8h). Dorsal furrow moderate on all segments. Two pairs of ventrolateral macrosetae, plus some inconspicuous microsetae scattered over all carinae.

Telson (Fig. 8i): sparsely setose. Vesicle small, short oval (1.50 times longer than wide and exactly as wide as deep), tegument coriaceous, ventromedian carina weakly subgranulose, ending in a subaculear tubercle strong, sharply conical, separate from base of aculeus. Aculeus strongly curved and shorter than vesicle.

**Female** (paratype). In general, it is similar to the male, but sexual dimorphism is evident by: **1)** pedipalp hand slightly shorter; **2)** genital papillae absent; **3)** pectines somewhat narrower and shorter (not reaching the coxa-trochanter joint of leg IV), with lower tooth count; **4)** basal pectinal plate wider, with posterior margin widely convex, subtly bilobed, and with a moderately deep, small circular central pit; **5)** mesosoma markedly wider, with sides strongly convex; **6)** metasomal segments with all carinae remarkably stronger, especially on IV–V.

**Variation.** Adult size varied as follows (Table. I): males 24.2–27.6 mm, females 33.5–37.2 mm. There are two size-classes in each sex, and inside each class males are remarkably



smaller than females, which is opposite to the general trend for the genus *Centruroides*, i.e., males are conspicuously longer than same class females.

Pectinal tooth counts varied in the entire sample as follows: 16–17 in males and 13–15 in females, with a mode of 17 and 15 in each sex, respectively (Table II).

**Distribution** (Fig. 9): known only from the type-locality, in southern Jalisco.

**Ecological Notes.** The collecting site is located up in the Neovolcanic Transverse Belt mountain range. According to the label data, the specimens were collected at night with UV light, in the ground of a pine forest at an altitude of 2,054 m a.s.l.

## Acknowledgements

This work is part of the second author's PhD thesis who wants to thank to Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología of Mexico for financial supporting her graduate studies.

The first author wants to thank to Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo for the support for field work during the project with genus *Centruroides* in Michoacán.

## References

- Armas, L., Martín-Frías, E. & Estévez-Ramírez, J. (2003) Lista anotada de las especies mexicanas del género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae). Revista Ibérica de Aracnología, 8, 93–98.
- Hoffmann, C.C. (1932) Monografías para la entomología médica de México número 2. Los escorpiones de México. Segunda parte: Buthidae. Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, 3, 243–361.
- Ponce-Saavedra, J. & Francke, O.F. (2011a) Nueva especie de alacrán del género *Centruroides* (Scorpiones, Buthidae) del estado de Jalisco, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 82, 465–474.
- Ponce-Saavedra, J. & Francke, O.F. (2011b) Especie nueva de alacrán del género *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) de la costa del estado de Jalisco, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 82, 1163–1175.
- Prendini, L. (2001) Substratum specialization and speciation in southern African scorpions: the Effect Hypothesis revised. In: Fet, V. & Selden, P.A. (Eds.), Scorpions 2001. In Memoriam Gary A. Polis. British Arachnological Society, Burnham Beeches, UK, pp. 113–118.

- Rein, J.O. (2012) The Scorpion files. Norwegian University of Science and Technology.  
Available from: <http://www.ntnu.no/ub/scorpion-files/> (Accessed February 2013)
- Santibáñez-López, C.E. & Ponce-Saavedra, J. (2009) A new species of *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) from the northern mountain range of Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 321–331.
- Stahnke, H.L. (1970) Scorpion nomenclature and mensuration. *Entomological News*, 81, 297–316.
- Vachon, M. (1974) Étude des caractères utilisés pour classer les familles et les genres de scorpions (Arachnides). 1. La trichobothriotaxie en arachnologie, sigles trichobothriaux et types de trichobothriotaxie chez les scorpions. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 3, 857–958.
- Vachon, M. (1975) Sur l' utilisation de la trichobothritaxie du bras des pédipalpes des scorpions (Arachnides) dans le classement des genres de la famille des Buthidae Simon. *Comptes rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences (Paris)*, série D, 281, 1597–1599.

**Table Captions**

**TABLE I.** Measurements (in mm) and proportions of holotypes and seven paratypes of four new species of *Centruroides*: FP= female paratype.

	<i>C. cisnerosi</i> n. sp.		<i>C. luisarmasi</i> n. sp.		<i>C. baldazi</i> n. sp.		<i>C. autlan</i> n. sp.	
	Holotipo	H paratipo	Holotipo	H paratipo	Holotipo	H paratipo	Holotipo	H paratipo
L Ctx	2.8	2.8	3	3.6	3.4	3.6	2.9	4
W Ctx	2.8	2.8	3.1	4	3.5	3.8	3.1	4
Lmeso+SMVII	7.6	9	9.2	13	11.6	11.2	8.7	13.2
L SMVII	2.2	2.2	2.5	3	3	2.8	2.3	3
W SMVII	2.6	2.8	3	4	4.6	4.4	2.8	4.4
C. P.	17	17.5	18	16.5	16	15.5	17	15
L SCI	2	2	2.2	2.4	2.8	2.2	1.9	2.6
L SCII	2.4	2.4	2.6	2.8	3.4	2.8	2.4	3
L SCIII	2.6	2.6	3	3.2	3.6	3	2.6	3.2
L SCIV	3	3	3.3	3.6	4.1	3.4	3	3.6
L SCV	3.4	3.4	3.8	4.2	4.6	3.8	3.4	4.2
W SCI	1.4	1.4	1.7	2	1.8	2	1.6	2
W SCII	1.4	1.4	1.6	1.9	1.8	2	1.4	2
W SCIII	1.4	1.4	1.6	1.8	1.6	2	1.4	1.8
W SCIV	1.3	1.4	1.5	1.8	1.6	1.8	1.4	1.8
W SCV	1.2	1.2	1.5	1.7	1.8	1.8	1.3	1.8
A SCI	1.4	1.4	1.5	1.8	1.6	1.7	1.4	1.8
A SCII	1.2	1.2	1.4	1.6	1.5	1.6	1.4	1.8
A SCIII	1.2	1.2	1.4	1.6	1.6	1.7	1.2	1.8
A SCIV	1.2	1.2	1.4	1.6	1.6	1.7	1.2	1.8
A SCV	1.2	1.2	1.4	1.6	1.6	1.7	1.2	1.7
L Ves	1.6	1.7	1.8	2	2	1.6	1.5	1.8
W Ves	0.8	0.9	1	1.2	1.2	1.2	1	1.4
A Ves	0.8	0.9	1	1.2	1.4	1	1	1.3
Aguijón	1	1	1.2	1.4	1.4	1.4	1.2	1.6
Long Meta+Ves	16	16.1	17.9	19.6	21.9	18.2	16	20

**TABLE I. Continuation.**

	<i>C. cisnerosi</i> n. sp.		<i>C. luisarmasi</i> n. sp.		<i>C. baldazi</i> n. sp.		<i>C. autlan</i> n. sp.	
	Holotipo	H paratipo	Holotipo	H paratipo	Holotipo	H paratipo	Holotipo	H paratipo
L Fmr	2.6	2.6	3	3.4	3.5	3.3	2.6	3.6
W Fmr	0.8	8	0.8	1	0.8	1	0.8	1
L Ptlá	2.8	2.8	3.3	3.8	3.8	3.6	3	4
W Ptlá	1	1	1.1	1.4	1.2	1.2	1	1.4
L Mano	1.8	1.8	1.8	2.2	2.8	2.2	2.2	2.7
W Mano	0.8	1.8	1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.3
A Mano	0.8	0.8	1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.2
Dedo fijo	2.8	2.8	3	3.5	3.2	3.3	2.7	3.6
Dedo móvil	3.2	3.2	3.4	4	3.4	3.8	3	4.2
L BP	0.3	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.6
W BP	0.7	0.7	0.8	1	0.9	0.9	0.8	1

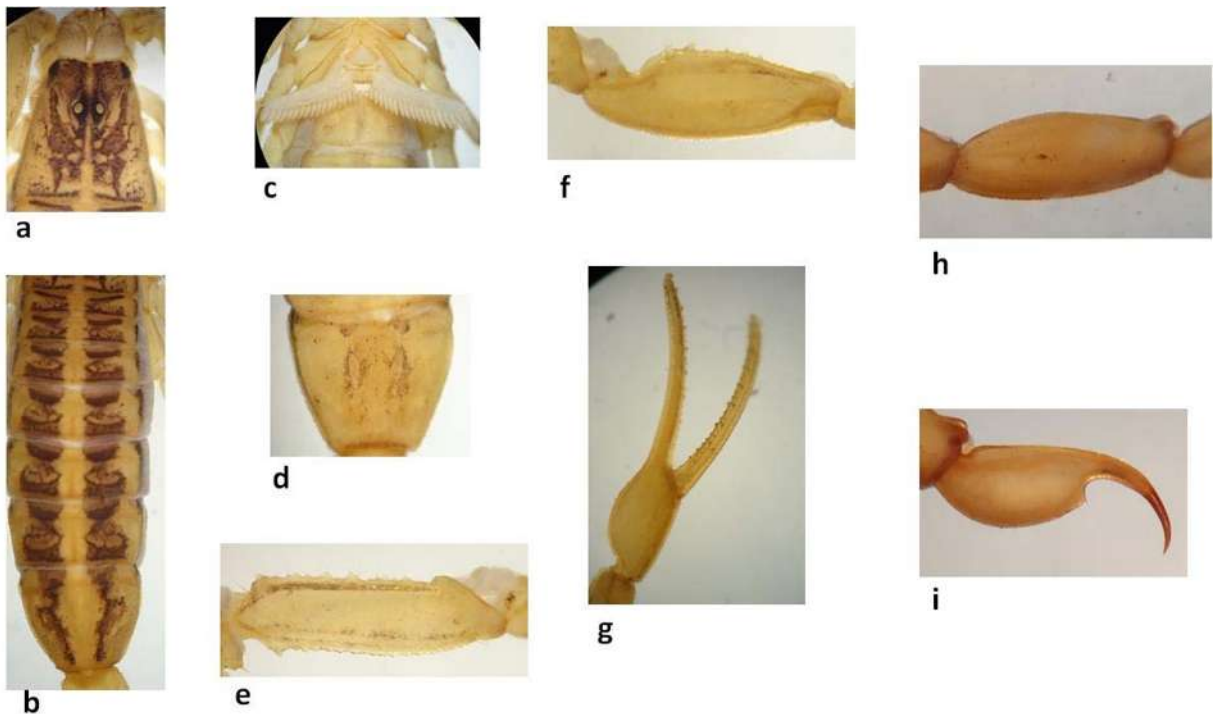
**TABLE II.**

Species	Sex	N	Pectinal tooth count												.		
			13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Ave	SD	
<i>Centruroides ornatus</i>	♂♂	110								5	20	50	29	5	1	21.11	± 0.94
	♀♀	90					4	37	25	7	12	4	1			19.03	± 1.34
<i>C. cisnerosi</i> n. sp.	♂♂	8				1	6	1								17.00	± 0.53
	♀♀	14		1	5	6										15.43	± 0.65
<i>C. luisarmasi</i> n. sp.	♂♂	2						2								18.00	± 0.00
	♀♀	2				1	1									16.50	± 0.71
<i>Centruroides baldazi</i> n. sp.	♂♂	4								4						20.00	± 0.00
	♀♀	4						2	1	1						18.75	± 0.96
<i>Centruroides autlan</i> n. sp.	♂♂	6				2	4									17.00	± 0.00
	♀♀	4	1	1	2											14.25	± 0.96

## Figures



**Figure 1.** Habitus of dorsal and ventral views of holotype male of *Centruroides cisnerosi* n sp.

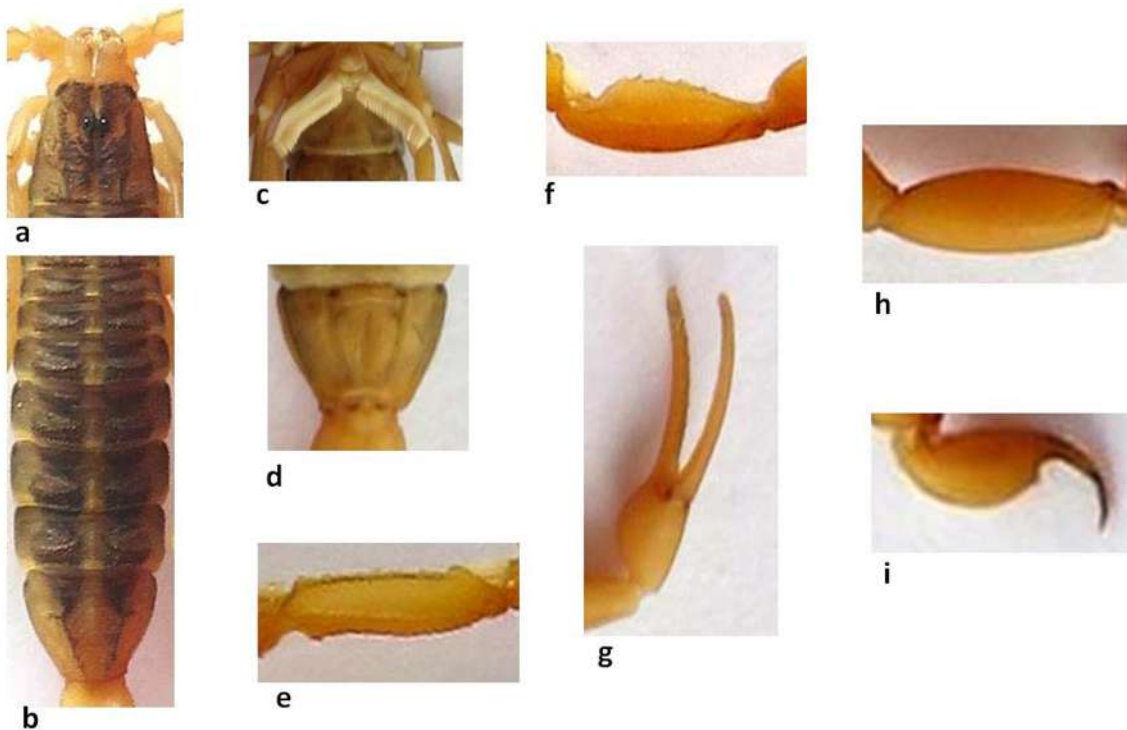


**Figure 2.** Adult male holotype of *Centruroides cisnerosi* n sp. a) carapace; b) mesosoma dorsal; c) basal pectinal plate and operculum; d) sternite VII; e) pedipalp femur dorsal; f) pedipalp patella dorsal; g) pedipalp chela, dorsoexternal view; h) metasomal segment V lateral; i) telson lateral view.



**Figure 3.** Habitus of dorsal and ventral views of holotype male of *Centruroides luisarmasi*

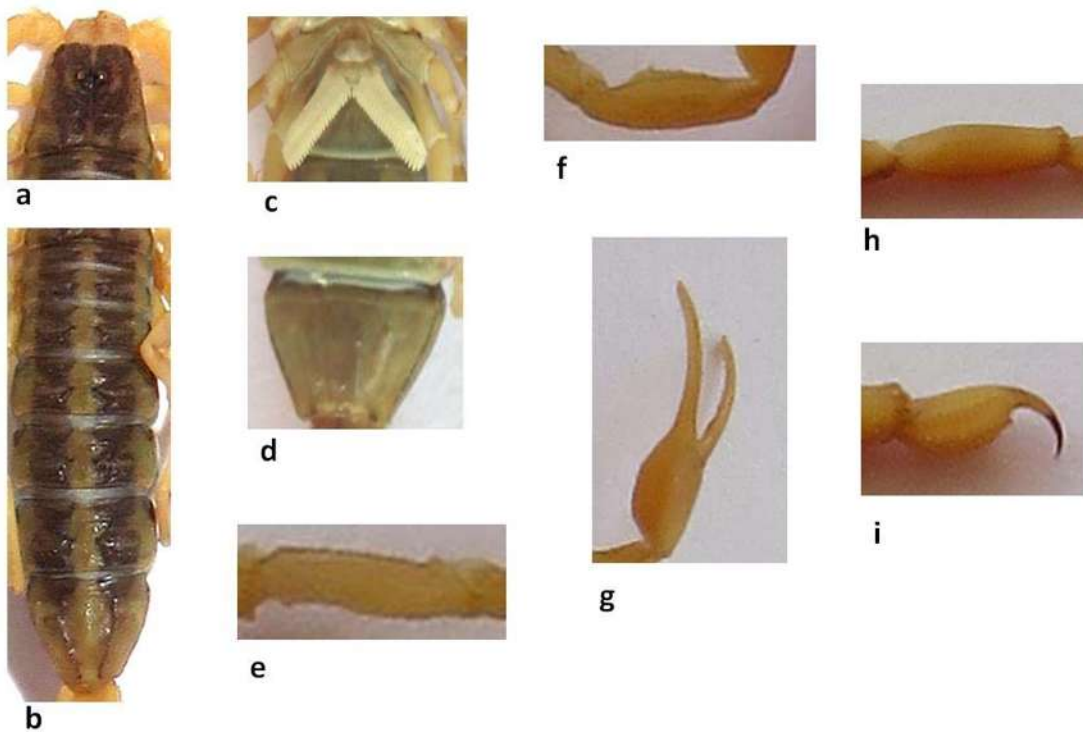
n sp.



**Figure 4.** Adult male holotype of *Centruroides luisarmasi* n sp. a) carapace; b) mesosoma dorsal; c) basal pectinal plate and operculum; d) sternite VII; e) pedipalp femur dorsal; f) pedipalp patella dorsal; g) pedipalp chela, dorsoexternal view; h) metasomal segment V lateral; i) telson lateral view.



**Figure 5.** Habitus of dorsal and ventral views of holotype male of *Centruroides baldazi* n sp.

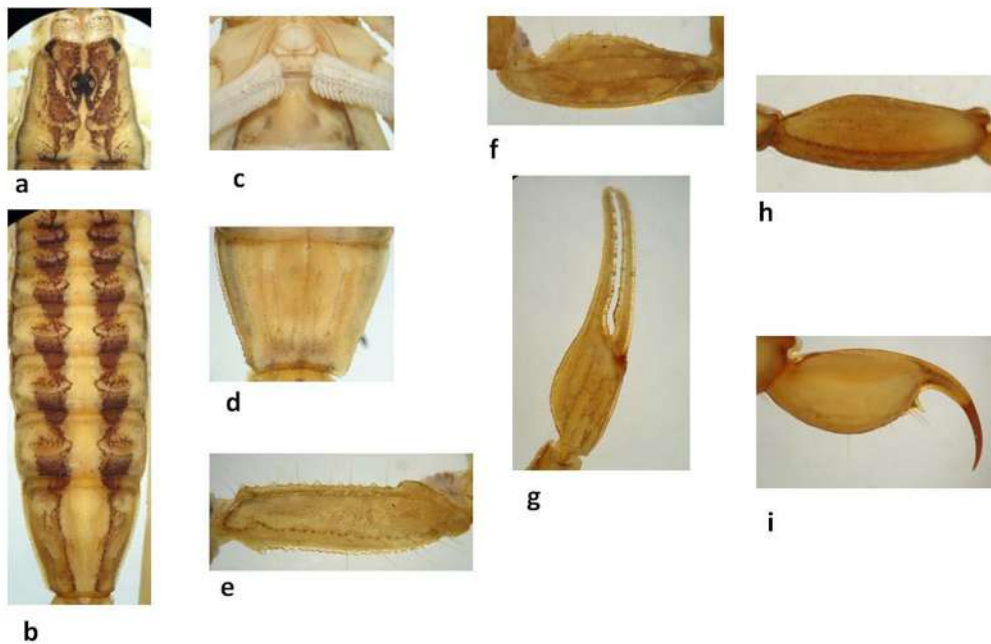


**Figure 6.** Adult male holotype of *Centruroides baldazi* n sp. a) carapace; b) mesosoma dorsal; c) basal pectinal plate and operculum; d) sternite VII; e) pedipalp femur dorsal; f) pedipalp patella dorsal; g) pedipalp chela, dorsoexternal view; h) metasomal segment V lateral; i) telson lateral view.

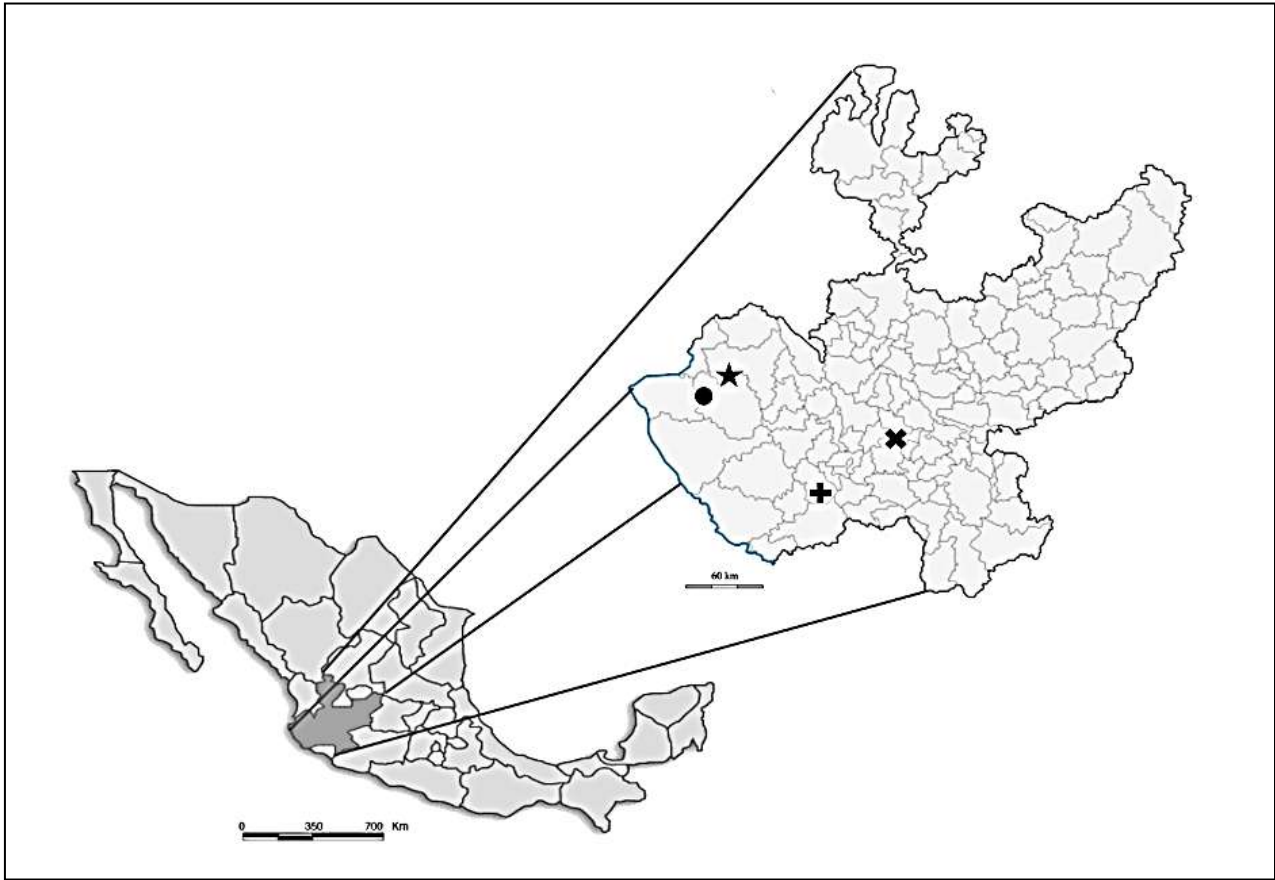




**Figure 7.** Habitus of dorsal and ventral views of holotype male of *Centruroides autlan n* sp.



**Figure 8.** Adult male holotype of *Centruroides autlan n* sp. a) carapace; b) mesosoma dorsal; c) basal pectinal plate and operculum; d) sternite VII; e) pedipalp femur dorsal; f) pedipalp patella dorsal; g) pedipalp chela, dorsoexternal view; h) metasomal segment V lateral; i) telson lateral view.



**Figure 9.** Known geographical distribution of four new species of *Centruroides*: type-locality *Centruroides cisnerosi* (star); *Centruroides luisarmasi* (circle); *Centruroides baldazi* (symbol +) and *Centruroides autlan* (symbol X), in the State of Jalisco, Mexico.

**CAPITULO II. Estructura poblacional de *Centruroides ornatus* (Scorpiones: Buthidae) en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México. (Enviado).**

Con la finalidad de realizar un estudio ecológico de *Centruroides ornatus*, se hizo trabajo de campo durante un año realizando observaciones bimensuales por época del año. Se usó un cuadrante de 1000 m<sup>2</sup> en cada sitio de colecta (rectangular 20x40) y dentro de este se hicieron capturas y observaciones. Se usó el método de captura-recaptura para obtener datos de densidad, se estimó la biomasa en peso fresco, se estableció la estructura de edades, proporción sexual y también se registró la actividad aparente.

Como resultado del trabajo de campo se obtuvo un artículo que ha sido enviado a la *Revista Iberica de Aracnología* el cual se presenta a continuación:

**Estructura poblacional de *Centruroides ornatus* (Scorpiones: Buthidae) en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México. (Enviado).**

Ana F. Quijano-Ravell<sup>1\*</sup> & Javier Ponce-Saavedra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas. Opción en Conservación y Manejo de Recursos Naturales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Edificio R, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Entomología "Biol. Sócrates Cisneros Paz", Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Edificio B-4, 2<sup>do</sup> piso. Ciudad Universitaria, 58060 Morelia, Michoacán, México.

\*Correspondencia: [italyan18@gmail.com](mailto:italyan18@gmail.com)

**Resumen.** Se presentan estimaciones de densidad y biomasa así como la actividad superficial de *Centruroides ornatus* Pocok, a partir de datos de campo tomados durante un año en dos localidades de la cuenca del lago de Cuitzeo en el estado de Michoacán, México. Se hizo un muestreo por localidad y estación del año con un esfuerzo de captura de 4.5 horas/hombre aplicando el método de captura-recaptura simple de Lincoln-Petersen dentro de un cuadrante de 1000 m<sup>2</sup> en cada población. Las mayores densidades registradas en ambos sitios fueron en época de primavera, con 314 y 1094 hembras/ha y 174 y 625 machos/ha así como 523 y 1251 juveniles/ha para el cerro “El Águila” y “Chehuayito” respectivamente. En el cerro “El Águila” el peso promedio para hembras fue de 0.40 ±0.11 g; 0.32 ±0.09 g para machos y 0.13 ±0.12 g para juveniles. Para “Chehuayito el peso promedio para hembras fue de 0.36 ±0.24 para machos 0.29 ±0.09 y 0.14 ±0.11 para

juveniles. La actividad superficial más alta registrada para ambos sitios fueron "reposo" y "acecho".

Palabras clave: fluctuación, densidad, proporción sexual, actividad superficial

### **Population structure of *Centruroides ornatus* (Scorpiones: Buthidae) In the Cuitzeo Basin, Michoacán.**

#### **Abstract.**

Estimates of density and biomass as well as surface activity of *Centruroides ornatus* Pocock are presented. The field data were obtained during a year in two localities of the basin of Lake Cuitzeo in the state of Michoacán, México. Sampling was made with the method of simple capture-recapture of Lincoln-Petersen in a quadrant of 1000 m<sup>2</sup> in each population by locality and season of the year. The capture effort used was of 4.5 hrs/man. The greatest densities recorded at both sites were during the spring with 314 and 1094 females/ha; 625 and 174 male/ha as well as 523 and 1251 juveniles/ha for "Cerro El Águila" and "Chehuayito" respectively. On "Cerro El Águila" the average weight for females was  $0.40 \pm 0.11$ g  $0.32 \pm 0.09$ g for males and  $0.13 \pm 0.12$ g for juveniles. In "Chehuayito" locality the average weight for females was  $0.36 \pm 0.24$  for males  $0.29 \pm 0.09$  and  $0.14 \pm 0.11$  for juveniles. The highest surface activities registered for both sites were "resting" and "stalking".

Key words: fluctuation, density, sex ratio, surface activity.

## **Introducción**

Los alacranes son un buen modelo para estudiar 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). Su antigüedad así como su historia evolutiva les hacen organismos muy atractivos para hacer estudios ecológicos, biogeográficos y de comportamiento que permitan una mejor comprensión sobre los mecanismos adaptativos y procesos evolutivos en los artrópodos (Polis, 1990a). El conocimiento sobre la densidad, la estructura de las poblaciones, épocas de apareamiento y nacimientos así como el comportamiento específico, son aspectos de los que existe poca información para la mayoría de las especies de alacranes (De Armas et al., 2003; Prendini, 2005), incluyendo especies con importancia médica. Los hábitos nocturnos, la actividad superficial que en muchas especies es poco evidente debido a sus hábitos de captura esperando a las presas, el permanecer ocultos si no están forrajeando y el que durante sus períodos reproductivos permanezcan ocultos o con muy poca actividad de forrajeo, son algunas causas de la poca información que existe al respecto (Polis, 1990a).

En los últimos años el estudio de aspectos ecológicos de los alacranes se ha incrementado con especies de diferentes familias (Polis, 1990b; Polis y Sissom, 1990; Brown, 2001; Brown y O'Connell, 2000; Brown et al., 2002; Ponce-Saavedra, 2003; Yamashita, 2004; Ponce-Saavedra et al., 2006; Yamaguti y Pinto-da-Rocha, 2006; Kaltsas y Mylonas, 2007; Koç y Yagmur, 2007; Mac Reynolds, 2004;2007;2008;2009; Prendini, 2008; Araujo et al., 2010; Cala-Riquelme y Colombo, 2011; Nime et al., 2013; 2014; Quijano-Ravell et al., 2011; Shehab et al., 2011; Quijano Ravell et al., 2012a; Quijano-Ravell et al., 2012b; Szilagyi-Zecchin et al., 2012).

El género *Centruroides* Marx de la familia Buthidae, es el único de importancia médica en México; sin embargo, hay grandes lagunas de conocimiento en cuanto a su diversidad, distribución y factores asociados a la misma (Ponce-Saavedra, 2003). Se tienen estudios sobre unas cuantas especies como: *C. vittatus* (Say), *C. balsasensis* Ponce-Saavedra y Francke, *C. limpidus* (Karsch), *C. tecomannus* Hoffmann, *C. exilicauda* (Wood) y *C. margaritatus* (Gervais) (Polis, 1990b; Brown et al., 2002; Yamashita, 2004; Ponce-Saavedra, 2003; Ponce-Saavedra y Vázquez, 2007).

*Centruroides ornatus* es una especie de importancia médica con distribución amplia en el centro occidente de México, incluyendo los estados de Guanajuato, Jalisco, Michoacán y Querétaro (Ponce-Saavedra et al., 2015 en prensa). Es reconocida como uno de los problemas de salud pública en el Estado de Michoacán (Ponce-Saavedra et al., 2015); por lo que es relevante conocer su comportamiento poblacional y sus características ecológicas en estudios a escala local o regional sobre los patrones de distribución de las especies y su relación con las modificaciones en el hábitat así como los requerimientos específicos, ayudarán a reconocer los posibles factores involucrados en las distribuciones observadas, épocas de mayor abundancia y su relación con la morbilidad y/o mortalidad registrada, lo cual ayudará a un mejor manejo de las poblaciones en la región, disminuyendo el riesgo de picaduras y facilitar el manejo y uso potencial de la especie.

## **Materiales y métodos**

*Localización del área.* El estudio fue desarrollado en dos localidades ubicadas dentro de la provincia morfotectónica denominada Faja Volcánica Transmexicana (Ferrusquía-Villafranca, 1998) (Figura 1):

a) Ladera norte del Cerro “El Águila”, ubicada 7.4 km al suroeste de la ciudad de Morelia y al noreste de la cabecera municipal de Lagunillas (Zacarías-Eslava et al., 2011), cerca del poblado de Cuanajillo en el municipio de Morelia, en el estado de Michoacán, 19.645°N y -101.343°W y un intervalo altitudinal entre 2,000 y 2,300msnm. El clima de la zona, con base en los datos climáticos de la estación meteorológica Presa Cointzio, se clasifica como templado subhúmedo con lluvias en verano que de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (2004) le corresponde la fórmula climática C(w<sub>1</sub>)(w)b(i')g. La temperatura media anual es de 17.6 °C y la precipitación anual total es de 791.6 mm. La vegetación es bosque tropical caducifolio severamente fragmentado, entremezclado con el bosque de encinos (*Quercus deserticola*, *Q. castanea*-*Q. obtusata*), dominando los árboles caducifolios, con alturas entre 2 y 5 m (Zacarías-Eslava et al., 2011).

b) “Chehuayito”, localidad situada a orillas del lago de Cuitzeo en el municipio de Álvaro Obregón, Michoacán, a 19.894°N y -101.088°W y 1,985 msnm. El clima es templado con lluvias en verano que de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (2004) le corresponde la fórmula climática C(w<sub>0</sub>)(w)b(i'), sin cambio térmico invernal bien definido. La temperatura media anual es de 26°C, con máxima de 32.2°C y mínima de 6°C. El régimen de lluvias se registra entre los meses de mayo y octubre, contando con una precipitación media de los 918.8 milímetros. La vegetación en el sitio de estudio es bosque tropical caducifolio entremezclado con diversos matorrales (INAFED, 2015).

*Trabajo de Campo.* Se realizaron muestreos durante dos meses consecutivos para cada época del año utilizando la técnica de captura-recaptura simple de Lincoln-Petersen (Krebs, 2000). Las fechas de muestreo se establecieron en el período de luna nueva. En cada



localidad se estableció un cuadrante de 1000 m<sup>2</sup> (20 x 40 m) delimitados con cuerda y en cada esquina una marca con pintura fluorescente para facilitar su ubicación en la noche. Se trabajó durante cuatro noches, dos noches para el muestreo de captura-recaptura y las otras dos para obtener datos de peso y actividad superficial de los alacranes. La detección de los animales se hizo utilizando lámparas de luz negra de aprox. 300 nm de longitud de onda que permiten observar los animales desde varios metros de distancia (Stahnke, 1971; Polis, 1990b). La primera noche fue de captura y marcaje, marcando los ejemplares capturados con un sistema que permitió el reconocimiento individual y con el que posteriormente se pudieron identificar al ser recapturados (Figura 2a). Las marcas se hicieron con pintura acrílica fluorescente no tóxica en los segmentos del mesosoma y los primeros segmentos metasomales empleando un palillo de dientes para aplicar la pintura (Figura 2b).

El esfuerzo de muestreo fue de 4.5 horas/hombre (definido como 1.5 horas de trabajo por 3 personas equipadas con lámpara de luz negra). Cada animal detectado se capturó usando pinzas de curación y se colocó dentro de una bolsa Ziploc ® en el sitio exacto de captura, anotando en la bolsa, la actividad aparente y sustrato en el que fue encontrado. Cada ejemplar se pesó con una balanza de bolsillo marca Escali, con precisión de 0.1 g y se le midieron con un Vernier Digital (0.01 mm de precisión) las siguientes estructuras:

Longitud del caparazón cefalotorácico (LCTX) y Longitud del segmento metasomal V (LSCV) ya que son las menos variables y las más confiables para hacer las asignaciones del ínstar correspondiente en diferentes especies (Francke y Sissom, 1984; Lourenço, 1979; 1988; 1989; Armas y Marcano-Fondeur, 1992; Ponce-Saavedra, 2003; Quijano-Ravell et al., 2011). Una vez medidos, los alacranes se marcaron y liberaron en el mismo punto en que fueron capturados, el cual se registró en un plano del cuadrante mediante un sistema de coordenadas X, Y (Ponce-Saavedra, 2003; Ponce-Saavedra y Vázquez, 2007). La noche

siguiente se registraron todos los animales recapturados (con marca), además de registrar las nuevas capturas con la misma información de los alacranes marcados el primer día. La tercera y cuarta noche se registro la actividad aparente de los ejemplares, así como su peso y edad.

Para estimar el peso fresco por hectárea, se hizo una muestra con todos los ejemplares colectados durante cuatro noches por colecta en un área alejada al menos 200 m del cuadrante y se separaron en adultos (hembras/machos) y juveniles. Se les asignó la categoría de edad y posteriormente se pesaron en una báscula digital marca Sartorius modelo profesional con precisión de 0.001g, y se registraron con la medida de la longitud del caparazón cefalotorácico, a fin de contrastar con los datos obtenidos en el cuadrante correspondiente.

Para registrar las condiciones meteorológicas de cada sitio y la fluctuación de estas durante el ciclo de muestreo y poder establecer el posible efecto de la variación en temperatura y humedad sobre la densidad y distribución de los alacranes, se colocó un Data logger HOBO (mod. U12-012) en el centro del cuadrante de cada sitio.

La actividad superficial se registró mediante la proporción de animales que se observaron, categorizados en cinco actividades principales de acuerdo con Ponce-Saavedra et al. (2006): Reposo (cuando el animal se encuentra en posición estática con la cola sobre el sustrato y los pedipalpos recogidos hacia el cuerpo y con las quelas cerradas); al acecho (posición estática con el metasoma levantado, pedipalpos extendidos y quelas abiertas); alimentándose, vagando o en cortejo (encontrándose en parejas y tomados por los pedipalpos).

*Análisis de datos.* Se hizo la estimación de la densidad considerando el número total de individuos por cuadrante y con ello se estimó la densidad por m<sup>2</sup> y la extrapolación por

hectárea para cada edad y época del año por sitio. Este resultado se contrastó con la estimación de densidad que se obtuvo mediante el método de captura recaptura simple de Lincoln-Petersen en el programa Ecological Methodology (Krebs, 2000). Con los datos obtenidos se hicieron comparaciones directas por época y entre sitios considerando edad y sexo.

Para estimar la biomasa, la muestra de ejemplares provenientes de capturas en ambos sitios, y asignados a la categoría de edad correspondiente se pesó para obtener un dato promedio por categoría de edad. Se utilizó una prueba de Ji-cuadrada para comparar los pesos obtenidos para hembras y machos adultos obtenidos en los cuadrantes y las capturas en el área alejada de éstos y determinar la congruencia de los mismos y diferencia estadística entre adultos considerando el sexo. Una vez definida la consistencia de los datos de fuera y dentro de los cuadrantes, así como la diferencia en peso entre machos y hembras adultos, se calculó la biomasa esperada por hectárea para cada sitio por época, considerando el número máximo de ejemplares registrado y la proporción de adultos (hembras/machos) y juveniles obtenida de todos los ejemplares capturados durante el muestreo.

Para la actividad superficial los datos se registraron como frecuencias y se determinó el patrón de actividad superficial por sitio y época del año.

## Resultados y discusión

Se marcaron 344 individuos, 149 individuos del cerro “El Águila” (42 hembras y 27 machos adultos más 80 juveniles) y 195 individuos (68 hembras y 37 machos adultos más 90 juveniles en “Chehuayito).

Se estimó que en el cerro “El Águila” el 53 % del total de la población son juveniles y el 47% son adultos (29% hembras y 18% machos: proporción sexual 1:1) (Tabla I). Para “Chehuayito” el 44% de la población son juveniles y el 56 % son adultos (35% hembras y 21% machos: proporción sexual 1:1) (Tabla II). La estructura encontrada para las poblaciones de *C. ornatus* en la Cuenca de Cuitzeo es congruente con lo que se sabe de otras especies del género: *C. balsasensis*, *C. limpidus*, *C. tecomannus* y *C. vittatus* (Ponce-Saavedra, 2003; Yamashita, 2004; Ponce-Saavedra y Vázquez, 2007). Las abundancias de juveniles en todas las épocas son altas, lo cual coincide con una amplia época de apareamientos (11 meses) (Figura 3) lo que conlleva a mayor cantidad de partos y mayor presencia de juveniles en los sitios, lo cual demuestra que dentro de estas poblaciones existe un constante reclutamiento en todas las edades. En cuanto a la proporción sexual, aunque en ambos sitios el porcentaje de hembras fue mayor, esto no llegó a ser estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ); igual a lo registrado para *C. limpidus* y *C. balsasensis* (Ponce-Saavedra, 2003; Ponce-Saavedra y Vázquez, 2007).

### Densidad

Los resultados muestran diferencias entre ambos sitios, presentando el cerro “El Águila” menores densidades que “Chehuayito” (Tabla III); sin embargo, el comportamiento poblacional en general muestra similitud. La estimación del tamaño de la población mediante el modelo de captura y recaptura simple muestran una variación estacional marcada en ambos sitios; en el cerro “El Águila” se obtuvo la mayor estimación en

primavera para adultos (hembras y machos) y juveniles; mientras que la menor estimación para hembras se obtuvo en otoño y para machos y juveniles en verano. En “Chehuayito” se obtuvo la estimación máxima de adultos también en primavera mientras que en invierno se obtuvo la mayor estimación de juveniles mientras que la estimación menor de los adultos se obtuvo para el verano y para los juveniles en primavera (Tabla III).

Las mayores densidades para *C. ornatus* se presentan en diferentes épocas del año dependiendo de la localidad, así en la época de primavera los juveniles fueron los más abundantes en ambas localidades; pero en Verano en el cerro “El Águila” fueron los machos los de mayor densidad; mientras que en “Chehuayito” no se registró ninguna época con mayor densidad de machos (Tabla III).

Se registraron juveniles de diferentes tamaños durante todo el año, lo cual refleja una amplia temporada de “reclutamiento” en la que los ejemplares jóvenes que son autosuficiente y son capaces de sobrevivir la época seca, marcan la diferencia en las poblaciones y reflejan también la actividad reproductiva durante todas las épocas del año con hembras paridas en al menos la mitad más favorable del año (Figura 4). Las más bajas densidades en ambas poblaciones se dan en la época de verano y otoño, siendo consistente con el menor registro de juveniles en ambos sitios. En ambos sitios la época de verano estuvo marcada por intensas lluvias, viéndose reflejado con un porcentaje de humedad mayor a 90% en ambos sitios (Figuras 5, Tabla III). El comportamiento de los adultos no parece verse afectado y se refleja en una densidad similar en las cuatro épocas y estando presentes todos los meses del año (Figura 4). Las poblaciones tienen una recuperación importante después de la época de lluvias. En ambos sitios el clima es templado con estación fría definida, por lo que la disponibilidad de alimento está regida por la temperatura y humedad lo cual presenta un efecto directo en las poblaciones de *C. ornatus*,

sin que haya declinación total en ningún periodo del año. Este comportamiento de las poblaciones de *C. ornatus* difieren a lo encontrado para otras especies de la familia Buthidae, así por ejemplo en *C. balsasensis* en la época seca entre marzo y Junio se presentan la menores densidades y para *C. limpidus* en junio (Ponce-Saavedra, 2003; Ponce-Saavedra y Vázquez, 2007) y las poblaciones se mantienen más o menos en los mismos niveles hasta que la sequía vuelve a provocar una caída. La diferencia en clima entre las áreas en que habitan estas especies y el área de trabajo con *C. ornatus*, puede ser la causa en las diferencias de comportamiento de las poblaciones ya que en la región de la Depresión del Balsas el clima es muy cálidos con estación fría poco marcada y en las localidades de la cuenca de Cuitzeo el clima es templado y la época fría bien definida y seca.

Las estimaciones de densidad total obtenidas en este trabajo para *C. ornatus* en general son similares a los datos disponibles para otras especies del mismo género. El valor más alto obtenido para *C. ornatus* es 0.15 individuos/m<sup>2</sup>, semejante a los 0.18 individuos/m<sup>2</sup> de *C. balsasensis* (Ponce-Saavedra, 2003). Ambos valores son similares al valor más bajo registrado para *Centruroides exilicauda* (Wood) pero superiores a lo reportado por Ponce-Saavedra y Vázquez (2007) para *Centruroides limpidus* (0.03 a 0.08 individuos/m<sup>2</sup>) entre las especies de importancia médica. *C. ornatus* también es similar en sus densidades bajas con *C. balsasensis* (0.02 individuos/m<sup>2</sup>) y para *C. vitattus* especie para la que Brown et al. (2002) y Yamashita (2004) reportan densidades de 0.03 individuos/m<sup>2</sup> y de 0.02 individuos/m<sup>2</sup> respectivamente. Hay otras especies con densidades mayores como *C. exilicauda* con 0.2 individuos/m<sup>2</sup>, *C. margaritatus* con 0.4 individuos/m<sup>2</sup> y 1.12 individuos/m<sup>2</sup> para *Leirus quinquestriatus* (Ehrenberg) reportados por Polis (1990b). La comparación directa entre especies debe tomarse con reserva, ya que el dato obtenido

depende del método de captura, tiempo de colecta, hábitos y la actividad de los animales, la cual puede variar entre especies y provocar sobreestimación en caso de animales con hábitos gregarios o distribuciones agregadas, situación que puede ser común entre los alacranes, aunque hay pocos trabajos que permitan comparar.

*Centruroides ornatus* de acuerdo con la prueba con Ji-cuadrada aplicada sobre  $I_d$  con el índice de Morisita tiene un patrón de distribución espacial agregado (1.04-1.23); mientras que en *C. balsasensis* tiende a la agregación (0.90-1.30), lo que refleja el efecto del tipo de dispersión que ocurre cuando las crías abandonan a la madre y buscan refugio en las inmediaciones al sitio de nacimiento, dispersándose en el área a medida que crecen.

La densidad de los alacranes en los sitios puede verse influenciada por la variación de la temperatura y humedad. Para *C. ornatus* con un análisis de regresión entre la densidad y la temperatura y la humedad registrada, muestran una tendencia hacia mayores densidades en condiciones de mayores temperaturas y menor porcentaje de humedad (Figuras 5 y 6, Tabla III), indicando que esta especie tiene mayor actividad en las condiciones más secas y cálidas del año, como respuesta a la influencia que principalmente la temperatura tiene en diversos aspectos fisiológicos en animales que dependen de la temperatura ambiente para su funcionamiento (Bobka et al., 1981; Forsman, 1999; Angilletta et al., 2004; Carlson y Rowe, 2010), por lo que, es evidente que la actividad superficial de los alacranes se ve influenciada directamente por este factor ambiental como ya lo establece Yamashita (2004) para *C. vittatus*.

Durante el muestreo se registró mayor número de juveniles que de adultos, lo que sugiere una constante “época” de reclutamiento poblacional producto de una actividad reproductiva a lo largo del año, característico de especies tropicales como los búlidos (Polis, 1990b; Benton, 2001) hipótesis que se refuerza con el haber capturado también

machos adultos y hembras cargadas a lo largo del año, lo cual sugiere que aparentemente no hay una época reproductiva definida (Figuras 3 y 4).

### *Biomasa*

Se hizo una prueba de Ji-cuadrada para comparar los pesos frescos obtenidos para hembras y machos adultos lo que arrojó diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ) y en consecuencia se aplicaron los valores promedio obtenidos para cada sexo y etapa de desarrollo (adultos y juveniles). Se obtuvo que el peso promedio para hembras adultas es de 0.40gr ( $\pm 0.11$ ), para machos 0.32gr ( $\pm 0.09$ ) y Juveniles 0.13gr ( $\pm 0.12$ ). Con estos datos se calculó la biomasa esperada por metro cuadrado, para cada cuadrante, considerando adultos por sexo y juveniles para cada época del año y por sitio de colecta, obteniendo la mayor biomasa estimada por m<sup>2</sup> en el cerro “El Águila” para hembras con 128 kg/ha para y para machos 50.29 g/ha; pero para juveniles el otoño tuvo mayor biomasa estimada con 44.00 g/ha. Para “Chehuayito” el peso promedio para hembras fue de 0.36  $\pm$  0.24, para machos 0.29  $\pm$  0.09 y para juveniles 0.14  $\pm$  0.11. La mayor biomasa estimada por m<sup>2</sup> corresponde a primavera con 419.14 g/ha para hembras, 174.61g/ha para machos y 214.29 g/ha para juveniles (Tabla IV).

*Centruroides ornatus* es un animal más pequeño que otras especies de la familia Buthidae de las que se tienen datos de peso y estimaciones de biomasa. Ponce-Saavedra (2003) reporta peso promedio de 1.125 g para *C. balsasensis* y Ponce-Saavedra y Vázquez (2007) 0.7 g para *C. limpidus*, Polis (1990b) 1.0 g para *C. margaritatus* y *C. exilicaud* y 1.5 g para *L. quinquestriatus*. La biomasa estimada por hectárea en consecuencia también será menor comparada con los 16.5 kg de *L. quinquestriatus*, 2 a 5 kg para *C. margaritatus* y *C. exilicauda*. Valores similares de densidad obtenidos considerando las diferencias de peso



entre adultos, machos, hembras y juveniles se encuentran en *C. balsasensis* (0.267 - 2.044 kg) y *C. limpidus* (0.223 kg) cuyo tamaño es sólo ligeramente mayor a *C. ornatus*. Todas las comparaciones y particularmente los valores presentados por Polis (1990b) deben tomarse con reserva con respecto a lo obtenido en este trabajo, debido a que para *C. ornatus* se obtuvo peso promedio por sexo y por edad y las diferencias fueron aplicadas para el cálculo de la biomasa; lo cual no fue realizado en los trabajos citados por Polis (1990b).

### *Estructura de edades*

*Centruroides ornatus* en ambos sitios tuvo mayor proporción de juveniles representando las mayores abundancias totales registradas con 53% en “El Águila” y 44% “Chehuayito”; las hembras adultas el 29% y 35% respectivamente; mientras que los machos adultos fueron el 18% y 21% (Tablas I y II); a diferencia de *C. balsasensis* para la que Ponce-Saavedra et al. (2006) reportan que una proporción de 28% del total capturado fueron juveniles y el resto adultos distribuidos en 40% de machos adultos y 32% de hembras. Estas diferencias reflejan la mayor actividad reproductiva de *C. ornatus* durante el año con un menor efecto de sequía que lo que ocurre en la Depresión del Balsas cuyo clima semiárido hace de la sequía una época de muy baja actividad y poco conveniente para las etapas juveniles, más sensibles al daño por falta de alimento o depredación.

### *Actividad superficial*

Hubo diferencia entre localidades en cuanto a la actividad más frecuentemente registrada. En “El Águila” la mayor actividad registrada fue “Reposo”, con mayor incidencia de registro en verano; seguido de la actividad en “vagando” y “Acecho” siendo el mayor registro para estas en otoño e invierno respectivamente. El registro de la actividad “Alimentándose” fue de menor registro y reportada de primavera a otoño. La actividad “cortejo”, fue registrada en una sola ocasión en otoño (Figura 7a).

En “Chehuayito” la mayor actividad registrada para cada época tanto para adultos y juveniles en ambos sexos es “reposo”, con mayor incidencia de registro en verano, seguida de la actividad “vagando”. La actividad “acecho” también fue frecuente con el mayor número de ejemplares registrados en verano. Las menores actividades registradas fueron “alimentándose” con tres registros en verano y uno en otoño así como “cortejo” que fue registrada en tres ocasiones, dos en verano y una en otoño (Figura 7b). El patrón de actividad registrada es en lo general similar para ambos sitios. El que sea frecuente encontrar los animales en “acecho” y “vagando”, refleja actividad para alimentarse, buscar pareja e incluso conseguir refugio. Aunque las frecuencias fueron distintas entre sitios, estas diferencias pueden deberse a factores como la temporada de colecta, cobertura vegetal o disponibilidad de refugios, además de que una vez que los animales se alimentan, permanecen en sus refugios y no se detectan en actividad, afectando la proporción observada.

Los resultados de actividad difieren de lo reportado para *C. balsasensis* por Ponce-Saavedra (2003) quien reporta que la mayor actividad registrada es al “acecho”, seguida de “vagando” y ambas actividades son presentadas mayormente por ejemplares adultos;

mientras que para *C. ornatus* se registró mayor actividad para los juveniles, los cuales en todas las épocas presentan mayor abundancia.

### **Conclusiones**

- Las poblaciones de *Centruroides ornatus* en la Cuenca de Cuitzeo tienen un comportamiento estacional similar, siendo en ambos sitios de colecta la proporción sexual 1:1, estimaciones de densidad y actividad aparente muy parecidas aun y cuando las localidades presentan diferencias en cuanto a tipo de suelo, cobertura vegetal y ligera variación de temperatura.
- La densidad de los alacranes en los sitios de estudio se ven influenciada por la variación de la temperatura y humedad. A mayores temperaturas y menor porcentaje de humedad, mayor el número de ejemplares, siendo los juveniles los más abundantes, reflejándose en las bajas estimaciones de biomasa además de la diferencia significativa entre el peso promedio de hembras (0.40gr) y de machos (0.32gr).
- La presencia de ejemplares juveniles durante todo el ciclo anual y los registros de cortejo en diferentes épocas del año, indican que en esta especie la reproducción no se encuentra limitada a una determinada época del año, presentando por lo menos dos picos de reproducción en estas poblaciones.

### **Agradecimientos**

Este documento forma parte de la tesis doctoral del primer autor, un estudio que fue financiado por una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). Ambos autores están muy agradecidos a Ernestor Oliveros, Dennis Sánchez, Raúl Ojeda, José Luis Espinoza, Dariana Gaspar y Cinthya Rodríguez por su apoyo y entusiasmo para el trabajo de campo

## Literatura citada

- ANGILLETTA, M.J., JR., T.D. STEURY, T.D. SEARS & M.W. SEARS. 2004. Temperature, growth rate, and body size in ectotherms: fitting pieces of a life-history puzzle. *Integrative and Comparative Biology*, **44**:498–509.
- CRISTIANE, S. ARAÚJO C.S.; D.M. CANDIDO, .H.F.P. DE ARAÚJO; S.C. DIAS & A. VASCONCELLOS. 2010. Seasonal variations in scorpion activities (Arachnida: Scorpiones) in an area of Caatinga vegetation in northeastern Brazil. *ZOOLOGIA*, **27** (3): 372–376.
- ARMAS, L.F. DE & E.J. MARCANO-FONDEUR. 1992. Nuevos alacranes de República Dominicana (Arachnida: Scorpiones). *Poeyana*, **420**: 1-36
- BENTON, T. 2001. Reproductive Ecology. Pp. 278-301, en: Brownell, P. & G. Polis (eds.). *Scorpion Biology and Research*. Oxford University Press. New York, 431 pp.
- BOBKA, M.S., R.G. JAEGER & D.C. MCNAUGHT. 1981. Temperature dependent assimilation efficiencies of two species of terrestrial salamanders. *Copeia*, 417–421.
- BROWN, C.A., J.M. DAVIS, D.J. O'CONNELL & D.R. FORMANOWITZ, JR. 2002. Surface density and nocturnal activity in a west Texas assemblage of scorpions. *Southwestern Naturalist*, **47**:409-419.
- BROWN, C.A. & D.J. O'CONNELL. 2000. Plant climbing behavior in the scorpion *Centruroides vittatus*. *American Midland Naturalist*, **144**:406–418.
- BROWN, C.A. 2001. Allometry of offspring size and number in scorpions. Pp. 307-315, en: V. Fet and P.A. Selden (eds.). *Scorpions 2001. In memoriam Gary A. Polis*. British Arachnological Society.

- CALA-RIQUELME, F. & M. COLOMBO. 2011. Ecology of the scorpion, *Microtityus jaumei* in Sierra de Canasta, Cuba. *Journal of Insect Science*, **11**: 1-10.
- CARLSON, B.E. & M.P. ROWE 2009. Temperature and desiccation effects on the antipredator behavior of *Centruroides vittatus* (Scorpiones: Buthidae). *J. Arachnol.*, **37**: 321–330.
- DE ARMAS, L.F. DE, E. MARTÍN-FRÍAS y J. ESTÉVEZ-RAMÍREZ. 2003. Lista anotada de las especies mexicanas del género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae). *Revista Ibérica de Aracnología*, **8**:93–98
- FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA, I. 1998. Geología de México: Una sinopsis. Pp. 3-108, en: Ramamoorthy T.P., R. Bye., A. Lot & J. Fa. (eds). *Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución*, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- FORSMAN, A. 1999. Variation in thermal sensitivity of performance among colour morphs of a pygmy grasshopper. *J. Evol. Biol.*, **16**: 869–878.
- FRANCKE, O.F & D.W. SISSOM 1984. Comparative review of the methods used to determine the number of molts to maturity in scorpions (Arachnida) with analysis of the post-birth development of *Vaejovis coahuilae* Williams (Vaejoidea). *Journal of Arachnology*, **12**:1-20.
- GARCÍA, E. 1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Inst. Geog. UNAM, 252 pp.
- INSTITUTO PARA EL FEDERALISMO Y EL DESARROLLO MUNICIPAL DE LA SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN. [INAFED]. 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México: los municipios del Estado de Michoacán de

- Ocampo". Recover 4 julio, 2015 from:  
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/index.html>
- ISRADE-ALCÁNTARA, I., R. VELÁZQUEZ-DURÁN, M.S. LOZANO-GARCÍA, J. BISCHOFF, G. DOMÍNGUEZ-VÁZQUEZ & V.H. GARDUÑO-MONROY. 2010. Evolución Paleolimnológica del Lago Cuitzeo, Michoacán durante el Pleistoceno–Holoceno. *Bol. Soc. Geol. Mex* **62** (3): 345-357
- KALTSAS, D. & M. MYLONAS. 2007. The population structure of *Mesobuthus gibbosus* (Scorpiones: Buthidae) on Koufonisi Island (central Aegean Archipelago, Greece). *Euscorpius Occasional Publications in Scorpiology*. No. 55:1-8.
- KOÇ H, & YAĞMUR E.A. 2007. Dilek Yarımadası Milli Parkı (Söke-Kuşadası, Aydın) akrep faunası. *Ekoloji Dergisi* **65**: 52-59
- KREBS, CHARLES J. 2000. *Ecological Methodology*, 2nd (Ed.). Addison-Welsey Educational Publishers, Inc. Menlo Park, CA. 620 pp.
- LOURENÇO, W.R. 1979. Le scorpion Buthidae: *Tityus mattogrossensis* Borelli, 1901 (Morphologie, Écologie, Biologie et Développement postembryonnaire). *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris 4e sér. **1** (A1): 95-117.
- LOURENÇO, W.R. 1988. Le développement postembryonnaire de *Centruroides pococki* Sissom & Francke, 1983 (Buthidae) et de *Didymocentrus lesueurii* (Gervais, 1844) (Diplocentridae) (Arachnida, Scorpiones). *Revue Arachnologique*, **7** (5): 213-222.
- LOURENÇO, W.R. 1989. Le développement postembryonnaire de *Rhopalurus princeps* (Karsch, 1879) (Scorpiones, Buthidae). *Revista Brasileira de Biologia*, **49** (3): 743-747.

- MAC REYNOLDS C.N., 2004. Temporal patterns in microhabitat use for the scorpion, *Centruroides vittatus* (Scorpiones, Buthidae). Proc. 3rd Scorpiol. Symp., Norman, June 2004, *Euscorpius*, **17**: 35-45.
- MAC REYNOLDS C.N., 2007. The effect of size on microhabitat preferences by the scorpion, *Centruroides vittatus* (Scorpiones, Buthidae). Abstract 30th Ann. Meet. Amer. Arachnol. Soc., Coll. Notre Dame of Maryland, 17-21.
- MAC REYNOLDS, C. N. 2008. Microhabitat preferences for the errant scorpion, *Centruroides vittatus* (Scorpiones, Buthidae). *The Journal of Arachnology*, **36**:557–564
- MAC REYNOLDS C.N., 2009. The effects of prey availability and scorpion size on the foraging behavior of the scorpion, *Centruroides vittatus*. Abstract 33rd AAS Ann. Meeting, Russelville, Arkansas, **26**-6/1-7-2009.
- NIME, M.F., F. CASANOVES, D. VRECH & C.I. MATTONI. 2013. Relationship between environmental variables and the surface activity of the scorpions in a reserve of Arid Chaco Argen. *Invert. Biol.*, **132** (2):145–155
- NIME, M.F., F. CASANOVES & C.I. MATTONI. 2014. Surface activity, sex ratio and diversity of scorpions in two different habitats in an Arid Chaco reserve Argen. *J. Insect Conserv.*, **18** (3):373–384
- POLIS, G.A. & W. D. SISSOM. 1990. Life History. pp. 161-223, en: G. A. Polis (ed.). *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press. Stanford, California.
- POLIS, G.A. 1990a. Introduction. Pp. 1-8, en: Polis, G. A (Ed.). *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press. Stanford, California.
- POLIS, G.A. 1990b. Ecology. Pp. 247-293, en: Polis, G. A (ed.). *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press. Stanford, California.

- PONCE-SAAVEDRA, J. 2003. Ecología y Distribución del Género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae), en la Depresión del Balsas del Estado de Michoacán. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. Santiago de Querétaro., 276 pp.
- PONCE-SAAVEDRA, J. & X.J. VAZQUEZ. 2007. Aspectos ecológicos de *Centruroides limpidus limpidus* (Karsch ) en una localidad de Zitácuaro, Michoacán. *Entomología Mexicana*, **6** (1): 71-75.
- PONCE-SAAVEDRA, J., O.F. FRANCKE & H. SUZAN. 2006. Actividad superficial y utilización del hábitat por *Centruroides balsasensis* (Scorpiones: Buthidae). *Biológicas*, **8**: 1-8.
- PONCE-SAAVEDRA, J., I. MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ & A.F. QUIJANO-RAVELL. 2015a. Alacranes de importancia médica en la Depresión del Balsas. *Entomología Mexicana*, **2**: 66-70.
- PONCE-SAAVEDRA J., A.F. QUIJANO-RAVELL, R. TERUEL & O. F. FRANCKE. 2015b. Redescription of *Centruroides ornatus* Pocock, 1902 (Scorpiones: Buthidae) a montane scorpion from Central Mexico. *Revista Ibérica de Aracnología*, En prensa.
- PRENDINI, L. 2005. Scorpion diversity and distribution in southern Africa: Pattern and process. Pp. 25–68, en: Huber, B.A., Sinclair, B.J. & Lampe, K.-H., eds, *African Biodiversity: Molecules, Organisms, Ecosystems. Proceedings of the 5th International Symposium on Tropical Biology*, Museum Alexander Koenig, Bonn. New York: Springer Verlag.
- PRENDINI, L. 2008. Scorpions of the Brandberg Massif, Namibia: Species Richness Inversely Correlated with Altitude. *African Invertebrates*, **49**(2):77-107



- 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*. Vol. 19: 133–145.
- QUIJANO-RAVELL, A.F.; J. PONCE-SAAVEDRA & O.F. FRANCKE B. 2012a. Densidad, distribución espacial y biomasa de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones, Iuridae) en una localidad de Guerrero, México. *Revista Ibérica de Aracnología*, **20**: 35-43
- QUIJANO-RAVELL, A.F., O.F. FRANCKE, J. PONCE-SAAVEDRA & M.A. VILLASEÑOR-RAMOS. 2012b. Caracterización de las madrigueras de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones: Iuridae) en una localidad de Guerrero, México. *Revista Ibérica de Aracnología*, **20**: 45-55.
- SHEHAB A.H., Z.S. AMR & J.A. LINDSELL. 2011. Ecology and biology of scorpions in Palmyra, Syria. *Turk J Zool*; **35**(3) 333-341.
- STAHNKE, H. 1971. Some observations of the genus *Centruroides* Marx (Buthidae: Scorpionida), and *C. sculpturatus* Ewing. *Ent. News.*, **82**:281-307.
- SZILAGYI-ZECCHIN, V.J., A.L. FERNANDES, C.L. CASTAGNA & J.C. VOLTOLINI. 2012. Abundance of scorpions *Tityus serrulatus* and *Tityus bahiensis* associated with climate in urban area (Scorpiones, Buthidae). *Indian Journal of Arachnology*, **1**(2):15-23.
- YAMASHITA, T. 2004. Surface activity, biomass, and phenology of striped scorpion, *Centruroides vittatus* (Buthidae) in Arkansas. *Euscorpius-Occasional Publications in Scorpology*, **17**:25-33.

YAMAGUTI H.Y. & PINTO-DA-ROCHA R. 2006. Ecology of *Thestylus aurantiurus* of the Parque Estadual da Serra da Cantareira, Sao Paulo, Brazil (Scorpiones, Bothriuridae). *J. Arachnol.*, **34**: 214–220.

ZACARIAS-ESLAVA, L.E., G. CORNEJO-TENORIO, J. CORTÉS-FLORES, N.

GONZÁLEZCASTAÑEDA & G. IBARRA-MANRÍQUEZ. 2011. Composición, estructura y diversidad del cerro “El Águila”, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **82**: 854-869.

**Tabla I.** Proporción de capturas y recapturas por época del año en el Cerro “El Águila”, expresada en porcentaje.

EPOCA	CAPTURAS			RECAPTURAS		
	HEMBRAS	MACHOS	JUVENILES	HEMBRAS	MACHOS	JUVENILES
<b>Primavera</b>	31	17	52	20	20	60
<b>Verano</b>	36	23	41	35	29	40
<b>Otoño</b>	16	26	58	20	20	60
<b>Invierno</b>	29	11	61	25	17	64
<b>Total por edad:</b>	29	18	53	22	24	55

**Tabla II.** Proporción capturas y recapturas por época del año en “Chehuayito”, expresada en porcentaje.

EPOCA	CAPTURAS			RECAPTURAS		
	HEMBRAS	MACHOS	JUVENILES	HEMBRAS	MACHOS	JUVENILES
<b>Primavera</b>	37	21	42	30	17	52
<b>Verano</b>	34	20	46	33	20	47
<b>Otoño</b>	35	23	42	33	25	42
<b>Invierno</b>	35	19	45	32	21	47
<b>Total por edad:</b>	35	21	44	32	20	48

**Tabla III.** Estimación de densidad por hectárea (Ha) y metro cuadrado (m<sup>2</sup>) con el método de captura-recaptura simple, por época y por sitio. Los valores se han redondeado a enteros para la estimación por Ha y a tres decimales para las estimaciones por m<sup>2</sup>.

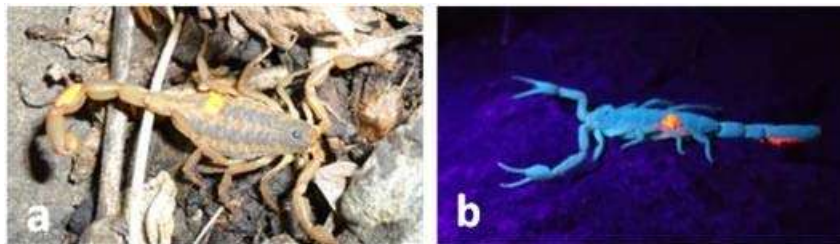
	EPOCA	Ha (m <sup>2</sup> )				Temperatura Promedio (°C)	Humedad Promedio (%H)
		HEMBRAS	MACHOS	JUVENILES	TOTAL		
EL AGUILA	Primavera	314 (0.031)	174 (0.017)	523 (0.052)	1012 (0.102)	18.9	52.5
	Verano	65 (0.006)	40 (0.004)	73 (0.007)	179 (0.018)	14.9	94.7
	Otoño	58 (0.006)	97 (0.009)	213 (0.021)	368 (0.037)	15.2	93.8
	Invierno	148 (0.015)	56 (0.006)	315 (0.031)	519 (0.052)	13.0	60.1
CHEHUAYITO	Primavera	1094 (0.109)	625 (0.062)	1250 (0.125)	2971 (0.029)	21.6	83.9
	Verano	213 (0.021)	124 (0.012)	284 (0.028)	622 (0.062)	18.8	94.5
	Otoño	329 (0.033)	219 (0.022)	402 (0.040)	950 (0.095)	19.2	92.1
	Invierno	536 (0.054)	292 (0.029)	682 (0.068)	1511 (0.151)	14.8	45.3

**Tabla IV.** Estimación de biomasa en peso en kilogramos por hectárea, por época y por sitio.

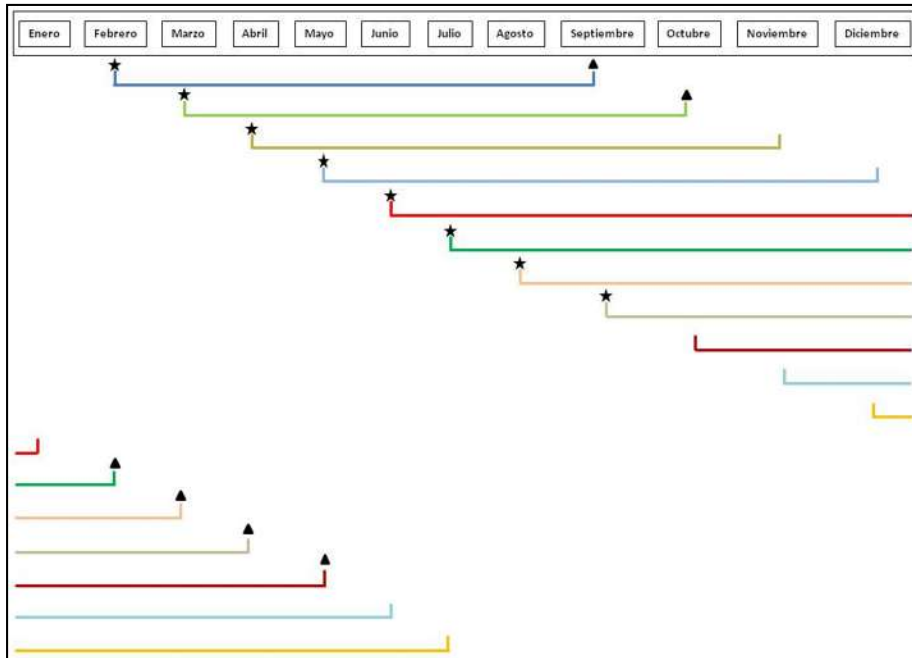
	EPOCA	PESO FRESCO Kg/Ha			Temperatura Promedio (°C)	Humedad Promedio (%H)
		HEMBRAS	MACHOS	JUVENILES		
AGUILA	Primavera	0.128	0.050	0.037	18.9	52.5
	Verano	0.025	0.014	0.013	14.9	94.7
	Otoño	0.024	0.032	0.044	15.2	93.8
	Invierno	0.058	0.017	0.020	13.0	60.1
CHEHUAYITO	Primavera	0.419	0.175	0.214	21.6	83.9
	Verano	0.076	0.041	0.056	18.8	94.5
	Otoño	0.114	0.051	0.064	19.2	92.1
	Invierno	0.174	0.070	0.072	14.8	45.3



**Figura 1.** Ubicación de los sitios de estudio dentro de la Cuenca de Cuitzeo; Cerro “El Águila” (triángulo) y “Chehuayito” (círculo). Modificado de Israde-Alcántara et al., 2010.



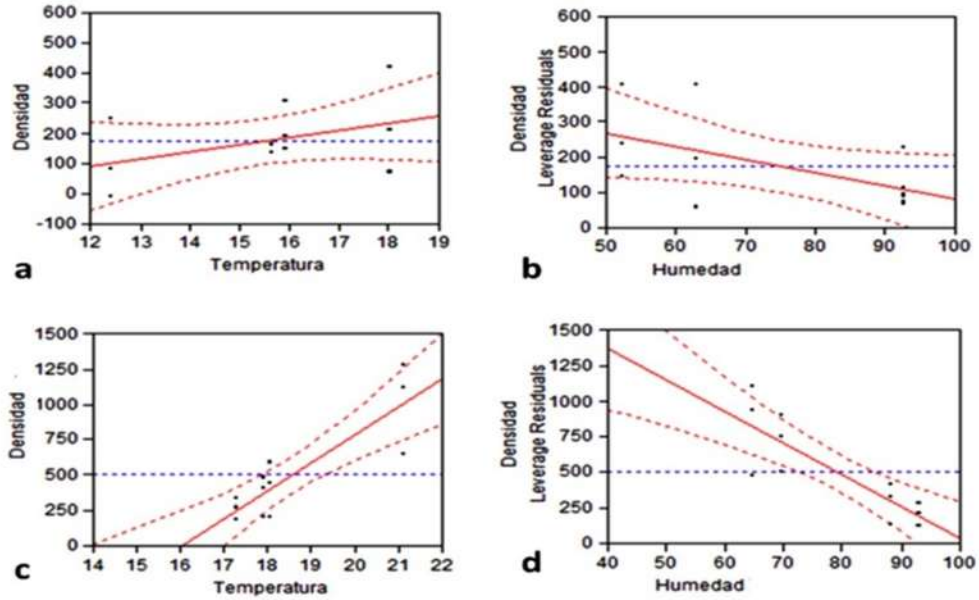
**Figura 2.** Marcaje de ejemplares. a) Apariencia con la pintura acrílica en luz blanca, b) Apariencia con la pintura acrílica en luz negra (Uv).



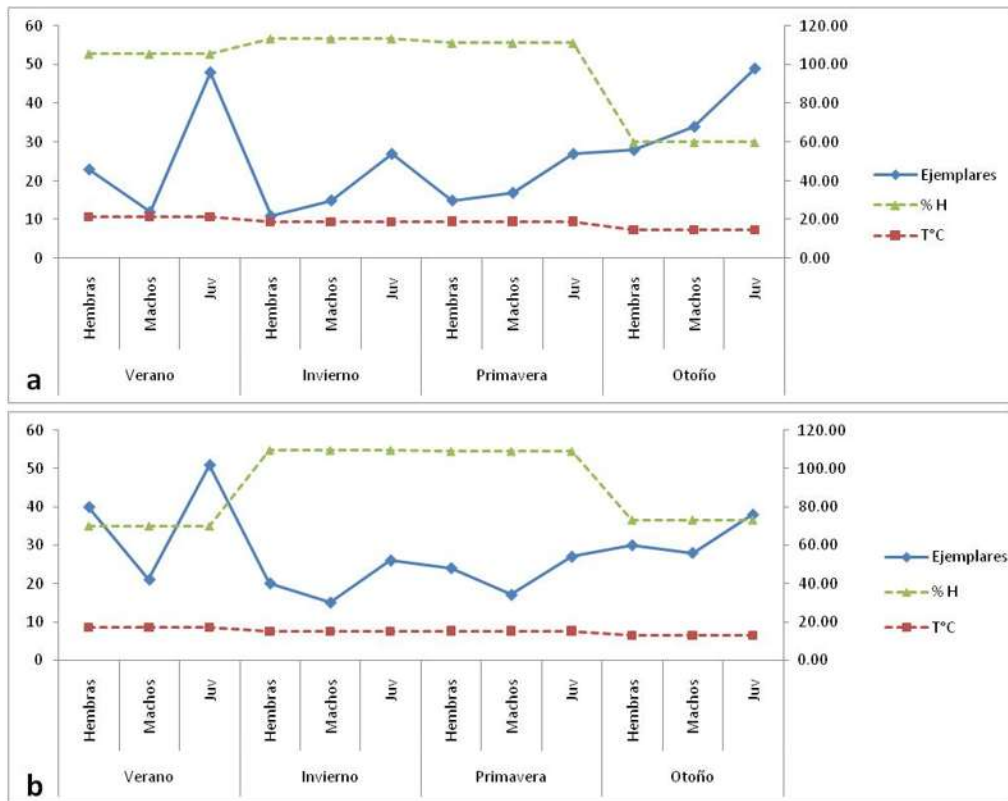
**Figura 3.** Estimación de la duración de la gestación en *C. ornatus* con registro de cortejos (estrella) y colecta de hembras paridas (triángulo).



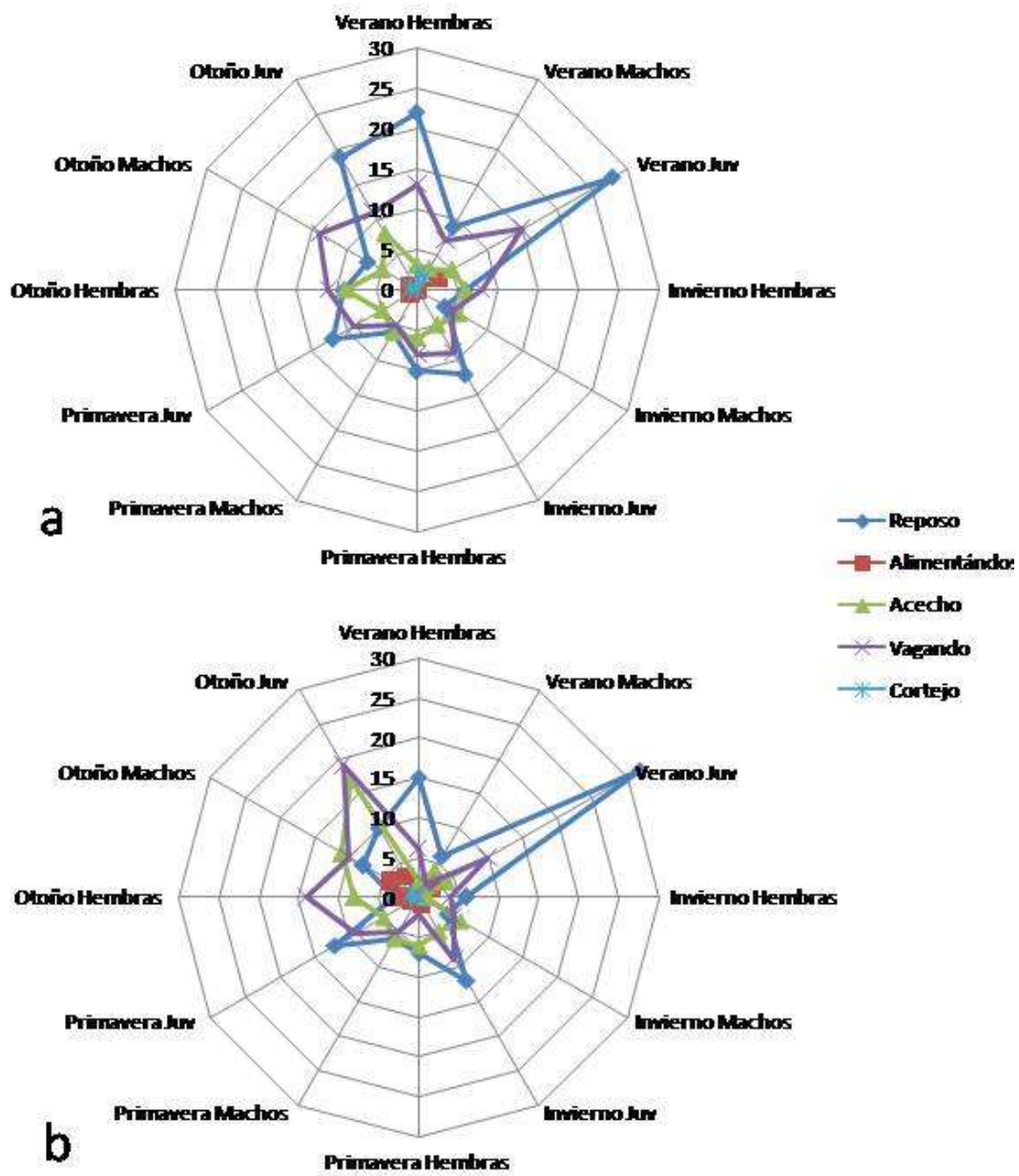
**Figura 4.** Registro anual de las categorías que forman parte del ciclo de vida de *Centruroides ornatus*, en campo.



**Figura 5.** Gráfico de regresión para la densidad estimada con la temperatura y humedad registrada para ambos sitios de estudio. a) y b) “El Águila”; c) y d) “Chehuayito”.



**Figura 6.** Fluctuación poblacional por épocas; a) “El Águila” y b) “Chehuayito”.



**Figura 7.** Registro de actividad superficial por épocas para ambos sitios. a) “El Águila” y b) “Chehuayito”.





**CAPITULO III. Aspectos generales sobre la historia de vida de *Centruroides ornatus* (scorpiones: buthidae) en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México.**

Mediante datos de campo y con ejemplares colectados y llevados al Laboratorio de Entomología “Biol. Sócrates Cisnerso Paz” de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, se hizo el seguimiento de ejemplares adultos de *C. ornatus* para observar la ecdisis, así como cortejos y apareamientos en laboratorio y campo. Se estableció la duración de la gestación, época de cortejo y apareamiento. Se estableció el tamaño de la camada considerando hembras con crías en el dorso y con embriones disecados. Con esta información se escribieron dos artículos, uno sobre aspectos generales sobre historia de vida de la especie, el cual ha sido enviado a la revista Biológicas y otro sobre la estimación del tamaño de camadas el cual ha sido publicado en la Revista Mexicana de Entomología (Se anexan).

**ASPECTOS GENERALES SOBRE LA HISTORIA DE VIDA DE *Centruroides ornatus* (SCORPIONES: BUTHIDAE) EN LA CUENCA DE CUITZEO, MICHOACÁN, MÉXICO.**

Ana F. Quijano-Ravell<sup>1</sup> and Javier Ponce-Saavedra<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas. Opción en Conservación y Manejo de Recursos Naturales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Edificio R, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, México. [italyan18@gmail.com](mailto:italyan18@gmail.com)

<sup>2</sup>Laboratorio de Entomología "Biol. Sócrates Cisneros Paz", Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Edificio B-4, 2<sup>do</sup> piso. Ciudad Universitaria, 58060 Morelia, Michoacán, Mexico. E-mail, [\\*ponce.javier0691@gmail.com](mailto:*ponce.javier0691@gmail.com).

***Resumen.***

Se presenta información sobre la duración de la ecdisis, cortejo y gestación de *Centruroides ornatus*, considerando datos de laboratorio y campo. Se obtuvo registro para laboratorio de 1hr y 30 min-3horas para la muda (promedio 2hr y 30 min, con un rango de 1hr y 30 min, n= 3) y de 50 min-1hr y 45 minutos para campo (promedio 1hr y 11 min, rango 55 min, n= 4). En campo los animales permanecen entre 3 y 5 días después de la muda en el refugio que usaron para ello. El cortejo varió de 1 hora y 50 minutos a 2 horas y 30 minutos (promedio 2hr y 10 min  $\pm$  18.26, n=4). Con datos de campo se estimó la duración de la gestación la cual corresponde a 7 meses.

Palabras clave: cortejo, ecdisis, apareamiento.

***Abstract.***

We present general aspects about the history of life. Duration of the process of molting, courtship, and gestation of *Centruroides ornatus*, with data of laboratory and field. It was obtained 1.5-3 hours for molting in lab (Average 2hr y 30 min, rank de 1hr y 30 min, n= 3) and 50 min to 1 hour 45 minutes on field (Average 1hr y 11 min, rank 55 min, n= 4). The courtship ranged from 1 hour and 50 minutes to 2 hours and 30 minutes (Average 2hr y 10 min  $\pm$  18.26, n=4). With all the field data was estimated the duration of gestation which corresponds to 7 months, which is within the range reported for other species of *Centruroides* ranging from 5 to 7.2 months.

Key words: courtship, ecdysis, mating

## ***Introducción***

Todos los escorpiones poseen glándulas venenosas, pero las especies consideradas peligrosas para los mamíferos, incluido el hombre, son los pertenecientes a la familia Buthidae (Francke y Jones, 1982) en consecuencia ha habido mayor interés en conocer aspectos generales de ecología, taxonomía y sistemática de estos, sin embargo el conocimiento aun es escaso (Ponce-Saavedra, 2003). La familia Buthidae es la más numerosa y ampliamente distribuida mundialmente, representada por 91 géneros y 1,044 especies (Rein, 2015). En Michoacán la familia Buthidae está representada por el género *Centruroides* Marx, con siete especies (Ponce y Francke, 2013; Ponce-Saavedra et al., 2015) que se encuentra bien definidas geográficamente en el estado ; cuatro especies para la Depresión del Balsas: *Centruroides balsasensis* Ponce-Saavedra and Francke, 2004, *Centruroides bertholdii* (Thorell, 1876), *Centruroides infamatus* (C.L. Koch, 1844) and *Centruroides limpidus* (Karsch, 1879).2), dos en la región Costera: *Centruroides nigrescens* (Pocock, 1898) and *Centruroides tecomanus* Hoffmann, 1932 y.en la región del Sistema Volcánico Transversal *C. ornatus* Pocock, 1902 (Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra, en prensa)

Los estudios sobre las historias de vida de escorpión, sin embargo, son pocos en número. Los parámetros como el tamaño de camada, número de mudas, y la edad a la madurez son conocidos sólo aproximadamente para 20 especies, la mitad de los cuales son bítidos (Francke y Jones, 1982; Brown, 2001; Lourenço, 2007; Webber y Rodríguez-Robles, 2013). Un trabajo pionero sobre tamaño de camadas es el de Francke (1981), donde menciona que los factores que intervienen en el tamaño de camada de escorpiones de la familia Diplocentridae donde establece que el tamaño de camada en esta familia es

directamente proporcional al tamaño de la hembra e inversamente proporcional al tamaño de las crías.

En general la escases de los trabajos sobre de la biología de los alacranes se deben a la falta de datos debido a las dificultades encontradas en la crianza de escorpiones en cautiverio (Francke, 1976; 1997; 1981; Polis y Farley, 1979) y por supuesto aún más difícil el obtener datos en campo.. El conocimiento sobre biología de alacranes en Michoacán es escaso teniendo como antecedente el trabajo de Ponce-Saavedra et al. (2003) donde reportan biología y comportamiento postapareamiento de *C. balsasensis*, así como tamaños de camada para otras especies.

El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer información sobre aspectos de la historia de vida de *Centruroides ornatus*, incluyendo, épocas de apareamiento, duración de la gestación y tamaño de camadas, con lo cual se estaría incrementando el conocimiento sobre la biología de los alacranes.

### ***Materiales y métodos***

*Localización del área.* El estudio fue desarrollado en dos localidades ubicadas dentro de la provincia morfotectónica Faja Volcánica Transmexicana (Ferrusquía-Villafranca, 1989). (Figura 1):

**a)** Ladera norte del Cerro “El Águila”, ubicada 7.4 km al suroeste de la ciudad de Morelia y al noreste de la cabecera municipal de Lagunillas (Zacarías-Eslava et al., 2011), cerca del poblado de Cuanajillo en el municipio de Morelia, Michoacán, 19.645°N y -101.343°W y un intervalo altitudinal entre 2,000 y 2,300msnm. El clima de la zona, con base en los datos climáticos de la estación meteorológica Presa Cointzio, se clasifica como templado subhúmedo con lluvias en verano que de acuerdo a la clasificación de Köppen,

modificada por García (2004) le corresponde la fórmula climática  $C(w_1)(w)b(i')g$ . La temperatura media anual es de 17.6 °C y la precipitación anual total es de 791.6 mm. La vegetación es bosque tropical caducifolio severamente fragmentado, entremezclado con el bosque de encinos (*Quercus deserticola*, *Q. castanea-Q. obtusata*), dominando los árboles caducifolios, con alturas entre 2 y 5 m (Zacarías-Eslava et al., 2011).

**b)** “Chehuayito”, localidad situada a orillas del lago de Cuitzeo en el municipio de Álvaro Obregón, Michoacán, a 19.894°N y -101.088°W y 1,985 msnm. El clima es templado con lluvias en verano que de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (2004) le corresponde la fórmula climática  $C(w_0)(w)b(i')$ , sin cambio térmico invernal bien definido. La temperatura media anual es de 26°C, con máxima de 32.2°C y mínima de 6°C. El régimen de lluvias se registra entre los meses de mayo y octubre, contando con una precipitación media de los 918.8 milímetros. La vegetación en el sitio de estudio es bosque tropical caducifolio entremezclado con diversos matorrales (INAFED, 2015).

*Trabajo de Campo.* Se realizaron observaciones mensuales haciendo recorridos nocturnos en el período de luna nueva También se hicieron muestreos diurnos buscando alacranes bajo piedras, troncos, cortezas y otros materiales en el suelo. Adicionalmente, se realizó seguimiento de ejemplares en condiciones de laboratorio, para ello, se capturaron machos y hembras adultas, hembras grávidas y con crías de ambos sitios de estudio y fueron llevados al Laboratorio de Entomología de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y establecidos en condiciones de temperatura y humedad relativa controladas (25°C ± 1 y HR de 60-70% y fotoperiodo de 12 horas luz por 12 de obscuridad) (Figura 2).

Los ejemplares se tuvieron en terrarios (recipientes de vidrio adaptados con tierra de la localidad en estudio), en los que se les proporcionó agua a los individuos mediante un algodón colocado en alguno de los extremos del recipiente, el cual se cambió cada semana para evitar la proliferación de hongos dentro del terrario. Los animales se alimentaron una vez por semana con insectos (chapulines, larvas de coleópteros y larvas de polillas), eligiendo los de tamaño adecuado dependiendo del tamaño del alacrán. Los terrarios con hembras y machos adultos se revisaron cada dos días. Las hembras grávidas y con crías se mantuvieron en recipientes individuales para evitar el canibalismo de las crías por otros alacranes. Fueron revisadas diariamente para registrar la fecha de alumbramiento, tamaño de camada y los cambios de estadio para etiquetar las exuvias con la clave del animal madre y el estadio correspondiente. De las hembras recién paridas se registró el momento en que la ecdisis ocurrió y se sacrificaron dos crías a las que se les midió la longitud de Cefalotórax y del segmento metasomal V.

Para establecer la época de apareamiento de *C. ornatus* se registraron todas las actividades de los ejemplares en el muestreo nocturno y diurno y adicionalmente se eligieron hembras y machos adultos que en laboratorio se colocaron dentro de una “caja negra”, la cual consiste de una pecera cubierta con papel negro a la que se le instalaron barras de luz negra en la parte superior para la detección de los alacranes (Figura 3). Las observaciones se hicieron utilizando una cámara de video para registrar la actividad de cortejo y/o apareamiento de los alacranes sin la intervención de luz blanca.

### ***Resultados y discusión***



### *Ecdisis*

Se observó la muda de tres ejemplares en laboratorio (Figura 5a) y se midió la duración del evento siendo estas de 1.5, 2.10 y 3 horas, dando un promedio de 2.30. Un cuarto ejemplar murió en el proceso de muda, debido a que no pudo liberar el segmento metasomal III, quedando atrapado y además presentó pobre esclerotización de su exoesqueleto, por lo cual después de 2 días fue sacrificado. En el campo se tuvo registro de cuatro ejemplares mudando (Figura 5b) y el tiempo de la ecdisis fue de 50min, 1hr, 1hr y 10 min; y-1hr y 45 minutos, aunque en campo no se tuvo en dos eventos la certeza del inicio del mismo se puede constatar que la duración de la muda en el hábitat natural es un proceso que lleva mucho menos tiempo, lo cual está relacionado con los factores ambientales que no tienen que ser ajustados como el caso del laboratorio. Después de la muda, en laboratorio, cada ejemplar fue puesto en una pecera individual para evitar que los otros alacranes lo atacaran debido a su vulnerabilidad, ya que durante este proceso el alacrán no puede defenderse si es agredido debido a que su exoesqueleto aun no está esclerotizado (Polis, 1990) En campo se mantuvo el registro de los ejemplares recién mudados en su refugio, encontrado que permanecen en el lugar de muda de 3 a 5 días después de esta.

### *Cortejo, apareamiento y gestación*

Los ejemplares recién traídos de campo e ingresados al bioterio no reaccionan agresivamente a cualquier estímulo y no aceptan el alimento proporcionado, hasta que tienen aproximadamente una semana dentro de los recipientes. Posteriormente consumen agua proporcionada por medio de algodón o colocada sobre las hojas del sustrato (Figura

4), y ya adaptados al cambio aceptan el alimento, y también ya pueden ser cambiados de recipiente y meterlos a la caja negra in provocarles stres.

Se observaron en laboratorio cuatro cortejos, en los cuales el macho realizó movimientos semicirculares con la cola para posteriormente se aproximarse a la hembra, esta no realizó movimiento de rechazo (huir o agredir) y el macho la tomó de ambos pedipalpos (Figura 6a). Posteriormente el macho jaló a la hembra hacia sus quelíceros realizando el llamado “besuqueo” y después de un minuto de masaje queliceral, inició la fase llamada “danza” (Figura 6b), que hace referencia a los movimientos conjuntos de hembras y machos, donde el macho explora el área con sus peines buscando un sustrato adecuado para depositar el espermatóforo. Este proceso duró aproximadamente 20-35 minutos recorriendo toda el área de la pecera hasta que se colocaron sobre una piedra con superficie plana y poco rugosa, que al parecer favorece la deposición del espermatóforo (Ponce-Saavedr et al., 2003); ya que sobre esta donde realizaron una breve caminata abarcando únicamente el área de la piedra y posteriormente la pareja se detuvo y después de unos segundos el macho arqueó su mesosoma para depositar el espermatóforo; el cual mide 4 mm aproximadamente (Figura 7); ocurrido esto el macho intentó acercarse a la hembra al espermatóforo, realizando 3 intentos; hasta que la hembra forcejeo intentando soltarse, realizando movimientos para picarlo en la parte dorsal y jalando sus pedipalpos en señal de rechazo. Como el macho no respondió a la agresión, la hembra colocó el aguijón en un costado hacia la pleura del macho, dando como resultado que la liberara, y al soltarla la hembra se alejó rápidamente. Quedando el cortejo en etapa de preinseminación (Francke 1979b). Posteriormente el macho se mantuvo unos minutos cerca del espermatóforo, lo tocó con ambos pedipalpos para posteriormente alejarse En los cuatro casos se llevó el mismo

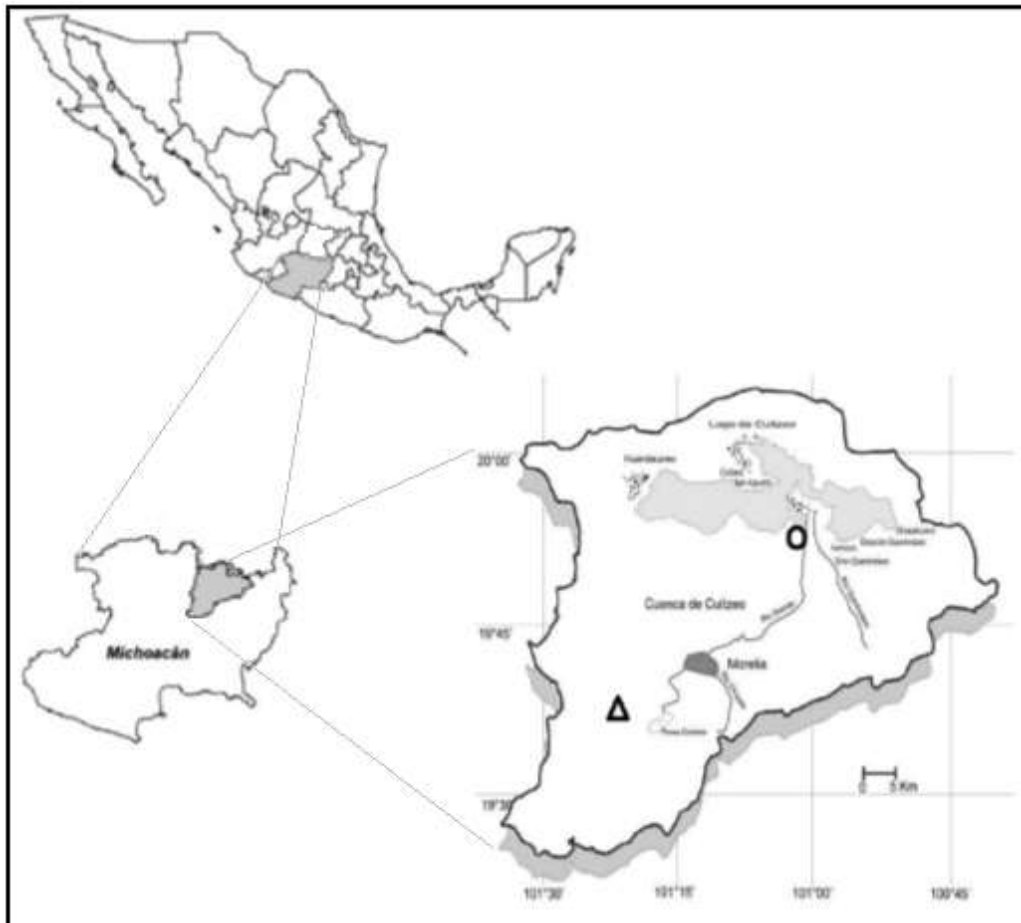
proceso sin llevarse a cabo la culminación del evento reproductivo y el tiempo varió de 1 hora y 50 minutos a 2 horas y 30 minutos.

En campo se registraron cortejos en diferentes meses, siendo menos frecuentes en la colecta nocturna. En un solo caso en campo tanto de actividad diurna como nocturna se registró que la pareja llegó a la preinseminación. Durante la colecta nocturna se pudo apreciar el cortejo de unos ejemplares sobre una hoja a 1.10 metros sobre el suelo y en el envés de la hoja, haciendo la danza y besuqueo (Figura 8), los ejemplares permanecieron en posición de “besuqueo” 30 minutos aproximadamente, posteriormente caminaron por la rama hasta la base de tronco y allí continuó la danza 40 min. No se registro deposición de espermatóforo. Probablemente por la perturbación provocada por la observación.

Considerando todos los datos del muestreo se establecieron las épocas de apareamiento, gestación, parto y reclutamiento de *Centruroides ornatus* (Figura 9). El registro de “cortejo” se encuentra en 11 meses del año, y los partos se dan siete meses después , ya que al encontrar hembras cargadas y relacionar ambos datos se logró establecer el tiempo aproximado de gestación, dato que cae dentro de lo reportado por Polis y Sissom(1990) que va de 4 a 8 meses. En especies pequeñas de Buthidae, como los *Microtytius* la duración del desarrollo embrionario varia de 3 a 4 meses (Lourenço, 2007), mientras que en ejemplares de mayor tamaño como *Androctonus* alcanzan hasta 8 meses de gestación (Birula, 1970a, Auber-Thomay, 1974). *Centruroides ornatus* es una especie de tamaño mediano entre las del género.

La presencia de ejemplares juveniles durante todo el ciclo anual y los registros de cortejo en diferentes meses del año, indican que en esta especie la reproducción no se encuentra limitada a una determinada época del año, lo cual coincide con un amplio periodo de apareamientos (11 meses) (Figura 9), y una constante “época” de reclutamiento poblacional

producto de la actividad reproductiva a lo largo del año, característico de especies tropicales como los bútididos (Polis, 1990b; Benton, 2001). Esta hipótesis que se refuerza con el haber capturado también machos adultos y hembras cargadas a lo largo del año. (Figuras 10).



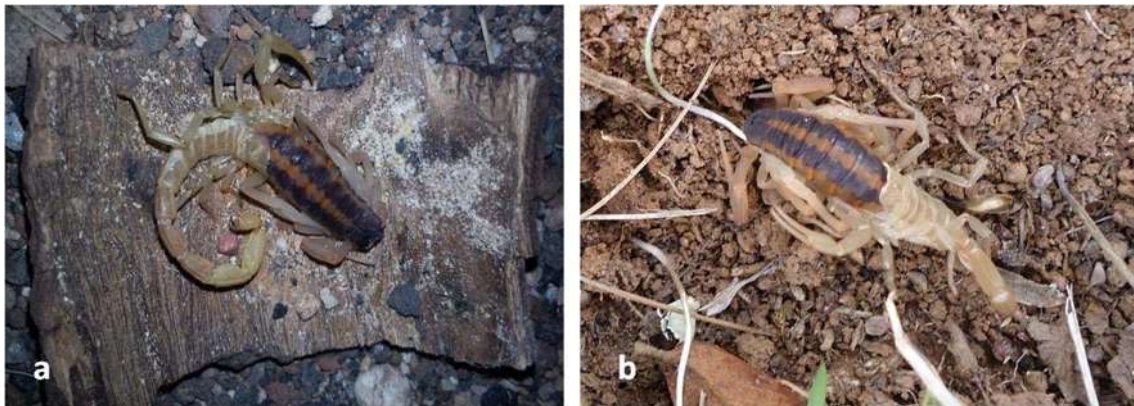
**Figura 1.** Ubicación de los sitios de estudio dentro de la Cuenca de Cuitzeo; Cerro “El Águila” (triángulo) y “Chehuayito” (círculo). Modificado de Israde-Alcantara et al., 2010.



**Figura 2.** Acondicionamiento de los ejemplares en el Laboratorio.



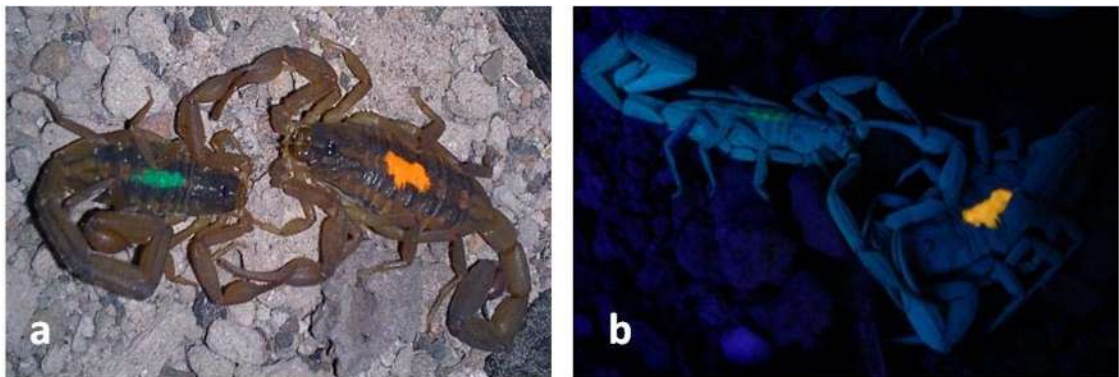
**Figura 3.** Caja negra para observación de cortejos y/o apareamientos en laboratorio.



**Figura 5.** Alacrán mudando; a) observación en laboratorio, b) observado en campo.



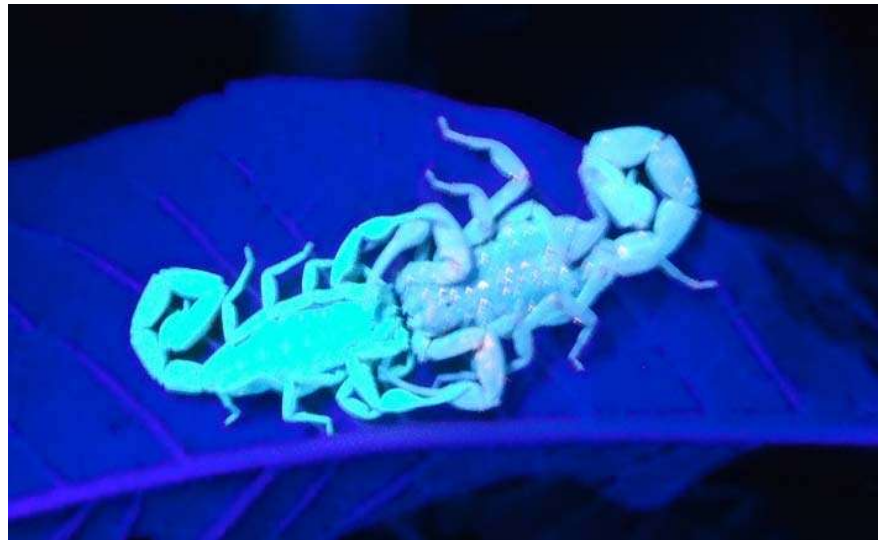
**Figura 4.** Adaptación de los ejemplares, bebiendo agua a) depositada en algodón; b) escurriendo en una piedra; c) gotas en hojarasca.



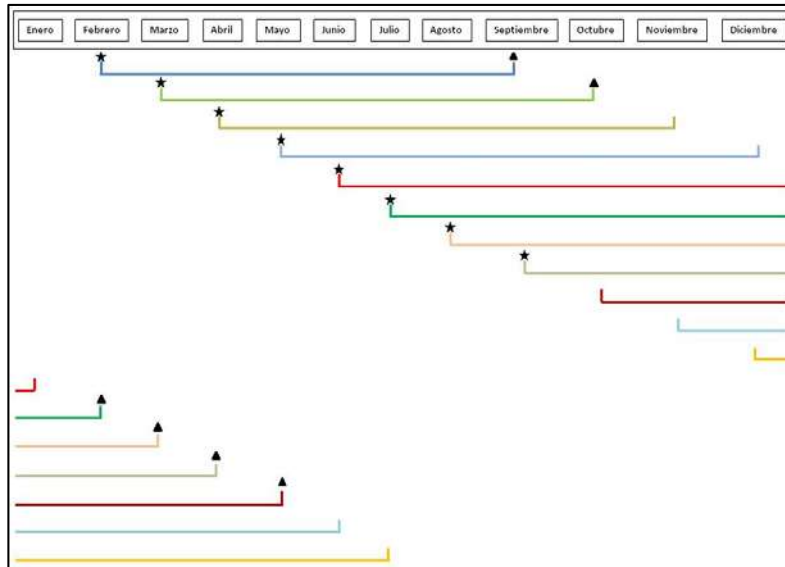
**Figura 6.** Cortejo observado en laboratorio: a) observado con luz blanca; b) observación con luz negra.



**Figura 7.** Espermatóforo depositado en el sustrato durante el cortejo.



**Figura 8.** Registro de cortejo en el envés de una hoja 1.10 metros de altura.



**Figura 9.** . Estimación de la duración de la gestación en *C. ornatus* con registro de cortejos (estrella) y colecta de hembras paridas (triángulo).



**Figura 10.** Registro anual de las categorías que forman parte del ciclo de vida de *Centruroides ornatus*, en campo.



## Literatura citada

- Auber, M. 1963. Reproduction et croissance de *Buthus occitanus* Amoreux. Ann . Sci. Nat., Zool., Paris, 12 ser ., 5 :273-286.
- Benton, T. 2001. Reproductive Ecology. In: Brownell, P. y G. Polis (Eds.). Scorpion Biology and Research. Oxford University Press. New York. pp. 278-301.
- Brown, C. A. 2001. Allometry of offspring size and number in scorpions. En: Scorpions 2001. In memoriam Gary A. Polis. V. Fet and P.A. Selden (eds.). British Arachnological Society. Burnham Beeches, pp. 307-315.
- Ferrusquía-Villafranca I. 1998. Geología de México: una sinopsis. En: Ramamoorthy T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. Eds. Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución, pp. 3-108, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Francke, O. F. 1979. Observation on the reproductive biology and life history of *Megacormusgertschi* Diaz (Scorpiones: Chactidae; Megacorminae). The Journal of Arachnology Society 7: 223-230.
- Francke, O. F. y S. K. Jones. 1982. The life history of *Centruroides gracilis* (Scorpiones, Buthidae). J. Arachnol., 10:223-239
- Francke, O. F. 1976. Observation on the life history of *Uroctonusmordax*Thorell (Scorpionida, Vaejovidae). Bulletin of the BristishArchnology Society 3: 254-260.
- Francke, O. F. 1981. Birth behavior and life history of *Diplocentrusspitzeri*Stahnke (Scorpiones: Diplocentridae). The Southwestern Naturalist, 25(4): 517-523.
- García, E. (2004), Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Serie Libros, núm. 6, Instituto de Geografía, UNAM, México.

- Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal de la Secretaría de Gobernación.
- [INAFED]. (2010). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México: los municipios del Estado de Michoacán de Ocampo". Recover 4 julio, 2015 from: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/index.html>
- Lourenço, W. R. 2007. Litter Size in Micro-Buthoid Scorpions (Chelicerata, Scorpiones). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 40: 473-477
- Polis, G. A. y R. D. Farley. 1979. Behavior and ecology of mating in the cannibalistic scorpion, *Paruroctonus mesaensis* Stahnke (Scorpionida: Vaejovidae). *The Journal of Arachnology*, 7:33–46.
- Polis, G. A. y W. D. Sissom. 1990. Life History. En: G. A. Polis (ed.). *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press. Stanford, California. p. 161-223.
- POLIS, G. A. 1990a. Introduction. En: Polis, G. A (Ed.). *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press. Stanford, California., pp. 1-8.
- Polis, G. A. 1990b. Ecology. En: Polis, G. A (ed.). *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press. Stanford, California, p. 247-293.
- Ponce-Saavedra, J. y O. F. Francke. 2013. El género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) y su importancia médica en el estado de Michoacán, México. *Entomología Mexicana*, 2: 811–816. Revisar, deben de escribir los editores
- Ponce-Saavedra, S. J., 2003. Ecología y Distribución del Género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae), en la Depresión del Balsas del Estado de Michoacán. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. Santiago de Querétaro., 276 pp.
- Ponce, S. J., R. J. Moreno B. y E. P. Miranda L. 2003. Cortejo y comportamiento de apareamiento de *Centruroides* sp. nov. (Scorpiones: Buthidae) en condiciones de

- laboratorio. *Biológicas* 5. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. pp. 64-70.
- Ponce-Saavedra, J. I. Martínez-Rodríguez and A. F. Quijano-Ravell. 2015. Alacranes de importancia médica en la Depresión del Balsas. *Entomología Mexicana* Vol. 2: 66-70.
- Quijano-Ravell, A. F. y J. Ponce-Saavedra. 2015. ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *Centruroides ornatus* (SCORPIONES: BUTHIDAE) EN LA CUENCA DE CUITZEO, MICHOACÁN. *Revista Iberica de Aracnología (RIA)*.
- Rein J. O. 2015. Scorpion Files. On line. <http://www.ub.ntnu.no/scorpion-files/scorpionidae.php>. Accesada 1-04-2015.
- Webber, M.M. and J.A. Rodríguez-Robles. 2013. Reproductive tradeoff limits the predatory efficiency of female Arizona Bark Scorpions, *Centruroides sculpturatus*. *BMC Evolutionary Biology*, 13: 197.
- Zacarias-Eslava, I. E., G. Cornejo-Tenorio, J. Cortés-Flores, N. GonzálezCastañeda y G. Ibarra-Manríquez. 2011. Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 854-869

*Tamaño de camadas*

## **ARACNOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

**Entomología Mexicana Vol. 2: 59-65 (2015)**

### COMPARACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE CAMADA USANDO CRÍAS Y EMBRIONES EN *Centruroides ornatus* POCKOCK 1902 (SCORPIONES: BUTHIDAE) EN MICHOACÁN, MÉXICO.

Ana F. Quijano-Ravell y Javier Ponce-Saavedra. Laboratorio de Entomología "Biol. Sócrates Cisneros Paz", Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Edificio B-4, 2<sup>do</sup> piso. Ciudad Universitaria, 58060 Morelia, Michoacán, México.  
[italyan18@gmail.com](mailto:italyan18@gmail.com); [ponce.javier0691@gmail.com](mailto:ponce.javier0691@gmail.com)

RESUMEN. Se llevó a efecto un estudio con hembras grávidas de *C. ornatus* Pocock provenientes de diferentes poblaciones en el rango de distribución de la especie, para determinar el tamaño de las camadas comparando con hembras igualmente grávidas pero que fueron disectadas para contar y pesar sus embriones. Se trabajaron 50 hembras en dos grupos con representantes de todas las poblaciones en estudio. En crías se obtuvo un tamaño de camada de  $13.33 \pm 3.8$  crías con un rango de 6 a 21 (n=24); mientras que en embriones fue de  $18.77 \pm 3.6$  embriones, con un rango de 11 a 26 (n=26). Se obtuvo correlación positiva para el tamaño de las hembras (representadas por su peso) y el número y peso de los embriones y una tendencia a ser una correlación positiva ( $p=0.065$ ) con el número de crías. El peso promedio de los embriones es mayor que el de las crías. Fueron trabajadas en dos grupos. Se obtuvo correlación positiva.

Palabras Clave: Crías, embriones, peso hembras

Comparison between Litter size using young and embryos in *Centruroides ornatus* Pocock 1902 (Scorpiones: Buthidae) in Michoacan, Mexico.

ABSTRACT. A study with gravid females of *C. ornatus* Pocock took effect from of different populations in the distribution range of the specie to determine the size of the litters compared to similarly gravid females but were dissected to count and weigh their embryos. 50 females were worked in two groups with representatives of all populations in the study. In young was obtained a litter size  $13.33 \pm 3.8$  broods with a range of 6 to 21(n=24); While in embryos was  $18.77 \pm 3.6$  embryos, with a range of 11 to 26 (n = 26). Was obtained Positive correlation between size of the females (represented by its weight) and the number and weight of the embryos and a tendency to be a positive correlation ( $p = 0.065$ ) with the number of offspring. The average weight of the embryos is greater than the hatchlings.

Key words: young, embryos, female weight

## Introducción

El género *Centruroides* es el más común y diverso de la familia en México con 39 especies descritas a la fecha (Baldazo-Monsivaiz *et al.*, 2013; Ponce-Saavedra y Francke, 2013; Santibáñez-López y Contreras-Félix, 2013; Rein, 2015), sin embargo; el nivel de información sobre ciclo de vida, biología de la reproducción, ecología y otros aspectos de interés es escaso, incluso para las especies de reconocida importancia médica como *C. noxius* Hoffmann, *C. limpidus* (Karsch.), *C. elegans* (Thorell), *C. suffusus* (Pocock), *C.*

*infamatus* (C.L. Koch), *C. meisei* Hoffmann y *C. ornatus* Pocock por ejemplo (Armas *et al.*, 2003). Los parámetros como el tamaño de camada, número de mudas y la edad a la madurez son conocidos sólo para pocas especies, de las cuales la mitad son bítidos. Generalmente estos aspectos se han estudiado principalmente en condiciones de cautiverio y es necesario incrementar la información al respecto. La falta de más datos se refiere en parte a las dificultades encontradas en la cría de los alacranes en cautiverio (Francke, 1976; 1979; 1981; Polis y Farley, 1979).

Los tamaños de camada en las especies de las que se conoce son muy variables; por ejemplo, en *Diplocentrus spitzeri* Stahnke (Diplocentridae) se registraron camadas de 7 a 12 individuos (Francke, 1981); 10 en *Hadrurus arizonensis* Ewing (Caraboctonidae) (Williams, 1969); 19 a 75 en *Megacormus gertschi* Díaz Nájera (Euscorpiidae) (Francke, 1979); 17 a 26 en *Chihuahuanus (Vaejovis) bilineatus* (Pocock) (Sissom y Francke, 1983) y 20 a 41 individuos en *Chihuahuanus (Vaejovis) coahuilae* (Williams) (Francke y Sissom, 1984) (Vaejovidae). En el caso de *Centruroides* se tienen algunos datos para *C. limpidus* con 19 a 30 individuos por camada; *C. tecomanus* con 25 a 36 y *C. balsasensis* con 19 a 36 (Ponce-Saavedra, 2003).

En los alacranes, los estudios sobre la inversión reproductiva femenina son todavía escasos, pero tales estudios han demostrado que los diferentes taxones muestran diferentes tendencias (Aguilar *et al.*, 2008). En especies como *Centruroides exilicauda* (Wood), *Paravaejovis (Vaejovis) spinigerus* (Wood), *Diplocentrus peloncillensis* Francke, y *Pseudouroctonus apacheanus* (Gertsch y Soleglad) no existe una relación demostrada entre el tamaño de la hembra y la producción de crías (Brown, 2004). Sin embargo, un aumento de la inversión reproductiva en camadas más grandes se registró en las hembras más grandes de *Centruroides vittatus* (Say), *Paravaejovis spinigerus* (Wood) y *Tityus*

*columbianus* (Thorell) (Formanowicz y Schaffer 1993; Lourenco *et al.*, 1996; Brown, 2004). Aguiar *et al.* (2008) examinaron el patrón de inversión reproductiva femenina, junto con el desarrollo del primer y segundo estadios y la relación con la biomasa de *Tityus stigmurus* (Thorell) y encontraron que en relación con otros escorpiones de la familia Buthidae, *T. stigmurus* tiene una camada más pequeña (un promedio de 10 crías) y que ni el tamaño de camada ni masa de las crías mostraron una relación con el tamaño de la hembra. Se observó una correlación positiva significativa entre la masa total de la camada y el tamaño de camada.

Otro de los trabajos pioneros sobre el tamaño de camadas es el de Francke (1981), quien trató de explicar los factores que intervienen en el tamaño de camada de escorpiones de la familia Diplocentridae, donde establece que el tamaño de camada en esta familia es directamente proporcional al tamaño de la hembra e inversamente proporcional al tamaño de las crías.

Otros estudio relacionado es el de Brown (1997) quien estudió la tasa de crecimiento de una camada de *Pseudouroctonus reddelli* (Gertsch y Soleglad), analizando la tasa de crecimiento de una camada única criada en laboratorio. La información disponible sobre el tamaño de la camada en los escorpiones de la familia Buthidae es presentada por Lourenço (2007) en un trabajo sobre tamaño de la camada en microbútidos, en este trabajo discuten los posibles factores que determinan el tamaño de las camadas en microbútidos (*Microbuthus fagei* Vachon; *Microtityus fundorai* Armas 1974; *Microtityus joseantonioi* González-Sponga; *M. consuelo* Armas & Marcano Fondeur, *M. rickyi* Kjellesvig-Waering, *Tityus (Caribetityus) elii* (Armas & Marcano Fondeur); *Orthochirus scrobiculosus*(=*negebensis*) (Shulov & Amitai); *Ananteris coineai* Lourenço; *Microcharmum variegatum* Lourenço *et al.*) y concluye que (I) la reducción en el tamaño de

la camada de estas especies es independiente de factores ecológicos, (II) el tamaño de la camada es directamente proporcional al tamaño de la hembra e inversamente proporcional al tamaño de las crías, (III) el nacimiento de pro-juveniles de gran tamaño parece ir asociado a un desarrollo embrionario más “completo”, (IV) el desarrollo postembrionario se lleva a cabo en un menor número de estadios, (V) los valores del crecimiento morfométrico son más altos que los que se observan en otros búlidos.

### **Materiales y Método**

Se capturaron hembras grávidas en campo rodando piedras, troncos, bajo cortezas y otros materiales en el suelo en diferentes localidades de la cuenca del Lago de Cuitzeo (Cuadro 1). Se trasladaron al Laboratorio de Entomología “Biol. Sócrates Cisneros Paz” de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para su preparación. Se separaron en dos grupos de ejemplares, los cuales estuvieron conformados por hembras de todas las localidades. Un primer grupo al que se asignaron ejemplares que se dejarían llegar hasta el parto. Este grupo se mantuvo en un espacio cerrado y con temperatura controlada de  $24^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  y  $\text{HR} \approx 60\% \pm 10\%$  dentro de recipientes de vidrio con sustrato (tierra, hojarasca) y refugios (piedras, corteza, ramas), para buscar buen desarrollo y sobrevivencia ( $n=24$ ). Cada hembra se mantuvo en recipientes individuales para evitar el canibalismo de las crías por otros alacranes. Una vez instaladas las hembras fueron revisadas cada 24 horas para registrar el parto ( $n=6$ ) y/o la hembra con las crías en el dorso ( $n=18$ ) y con ello tener el registro de las crías totales en cada camada (Cuadro 2; Figura 1). Posterior al parto las hembras fueron medidas utilizando un vernier digital marca Mitutoyo con precisión de 0.001mm considerando Longitud del Cefalotorax (LCTX) y longitud total sin incluir vesícula ni aguijón (LT); además se le tomó el peso con una



balanza digital de marca Sartorius con precisión de 0.001g. Las crías se pesaron una a una y se obtuvo un valor promedio por hembra a fin de representarle en el análisis.

Al segundo grupo de hembras (n=26) también se les tomaron las mismas medidas utilizando un vernier digital, se sacrificaron directamente en alcohol 96% y se les disectaron los embriones (Figura 2), los cuales fueron contabilizados y pesados uno a uno con la balanza digital con precisión de 0.001g.

Se analizaron las relaciones entre el tamaño de la hembra y tamaño de la camada mediante el índice de correlación lineal de Pearson y la Regresión correspondiente al tamaño de las hembras (representado por el peso de las mismas, previamente probada una correlación superior al 85% entre la longitud del cefalotórax, la longitud total y el peso). Se corrieron análisis con respecto al peso de las camadas, peso de los embriones, número de crías y de embriones así como el peso de la camada completa.

Se compararon los pesos promedio de los embriones con los pesos promedio de las crías así como el número de embriones y número de crías obtenidas de los dos grupos de hembras, mediante el procedimiento no paramétrico de Mann y Whitney, para determinar una posible diferencia en peso o tamaño de camada postparto. Todos los análisis de datos se realizaron utilizando el software PAST Versión 2.17.



Figura 1. Hembra con crías



Figura 2. Hembra disectada

Cuadro 1. Hembras por localidades de la cuenca del Lago de Cuitzeo

<b>Localidad</b>	<b>Numero de Hembras</b>	
	<b>Crías</b>	<b>Embriones</b>
Chehuayito, Álvaro Obregón	4	3
Cuto de la Esperanza, Morelia	3	4
El Águila, Morelia	5	4
El Venado, Álvaro Obregón	1	3
La Piedad	3	2
Morelia	2	2
Tarímbaro	3	4
Tiripetío, Morelia	3	4
	n=24	n=26

Cuadro 2. Hembra con las crías en el dorso monitoreadas en laboratorio

<b>Especie</b>	<b>Tamaño de Camada</b>	<b>Localidad</b>	<b>Fecha</b>
<i>C. ornatus</i>	12*	Chehuayito, Álvaro Obregón	Mayo 2014
	7*	Chehuayito, Álvaro Obregón	Mayo 2014
	17	Chehuayito, Álvaro Obregón	Enero 2014
	12	Chehuayito, Álvaro Obregón	Mayo 2014
	15*	Cuto de la Esperanza, Morelia	Enero 2014
	12	Cuto de la Esperanza, Morelia	Enero 2014
	10	Cuto de la Esperanza, Morelia	Enero 2014
	21*	El Águila, Morelia	Septiembre 2014
	12	El Águila, Morelia	Enero 2014
	13	El Águila, Morelia	Mayo 2014
	17	El Águila, Morelia	Mayo 2014
	6	El Águila, Morelia	Septiembre 2014
	12*	El Venado, Álvaro Obregón	Enero 2014
	15	La Piedad	Septiembre 2014
	8	La Piedad	Septiembre 2014
	16	La Piedad	Mayo 2014
	15	Morelia	Marzo 2014
	17	Morelia	Febrero 2014
	13*	Tarímbaro	Enero 2014
	17	Tarímbaro	Enero 2014
	14	Tarímbaro	Marzo 2014
	19	Tiripetío, Morelia	Marzo 2014
	8	Tiripetío, Morelia	Enero 2014
	12	Tiripetío, Morelia	Mayo 2014

\*hembras con registro y seguimiento de parto en laboratorio (n=6)

## Resultados y Discusión

El tamaño promedio de las hembras del primer grupo fue de  $3.85 \pm 0.31$ , con un rango de 3.71 a 3.98; mientras que las del segundo grupo fue de  $3.93 \pm 0.20$  y rango de 3.84 a 4.01. Los valores de correlación entre el peso de las hembras y el número de crías fueron muy bajos y no significantes ( $p > 0.05$ ) en ambos grupos; mientras que la correlación del peso de las hembras con el peso promedio por embrión y número de embriones, fueron altamente significativos (Figura 3), indicando que el tamaño de la hembra es determinante para que haya mayor número de embriones y éstos tengan mayor peso; esto debido a que entre mayor sea la hembra tendrá mayor capacidad de producir más número de embriones de mayor tamaño y con ello será más factible la viabilidad la camada; mientras que para el caso de la relación peso de las hembras con el peso de las crías, aunque no es significativa, la tendencia es clara ( $p = 0.065$ ) hacia mayor peso de crías cuando la hembra es más pesada (Figura 4).

Los pesos promedio de los embriones comparados con el peso promedio de las crías, fueron estadísticamente diferentes ( $p < 0.0001$ ) con un peso promedio mayor de los embriones ( $0.14 \pm 0.03$ ) con respecto al de las crías ( $0.10 \pm 0.03$ ).

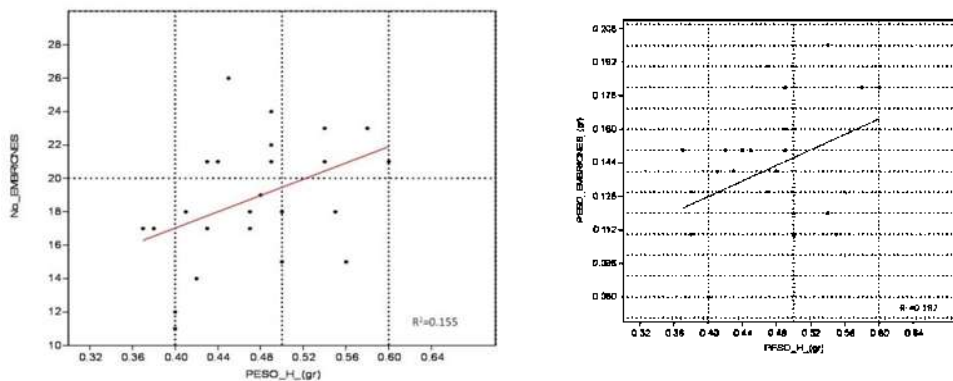


Figura 3. Gráficos de regresión para el tamaño de las hembras (representadas por su peso) y el número y peso de los embriones. Significancia  $p < 0.05$ .

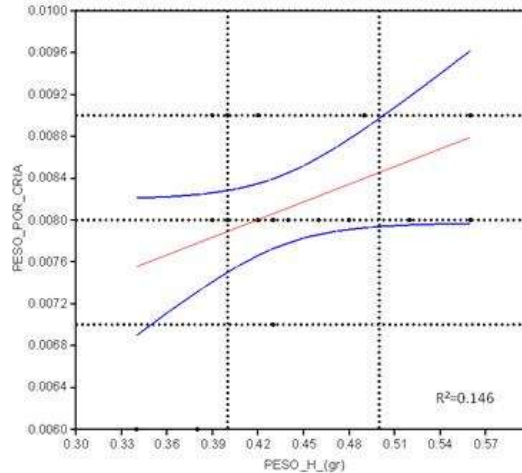


Figura 4. Gráfico de regresión para el tamaño de las hembras (representadas por su peso) y el peso de las crías. Significancia  $p=0.065$

El tamaño promedio de camada de *C. ornatus* ( $13.33 \pm 3.8$ ; rango 6 a 21;  $n=24$ ), se ubica entre las más pequeñas de las especies del género de las que se tiene información. Según Polis y Sissom (1990) en los búlidos se esperarían camadas de 9 a 38 crías con una media de 23.7. Posteriormente Ponce (2003) para *C. limpidus* obtuvo camadas de 19, pero también de hasta 30 crías para la misma especie, situación similar menciona para las otras dos especies trabajadas. Más recientemente se encontraron camadas de *C. exilicauda* de 20 crías en promedio, pero con registros desde 7 a 42 crías (Lourenço, 2007), lo que refleja la gran variación del género y el efecto que el comportamiento caníbal de la madre tiene sobre el tamaño de la camada final.

El tamaño de camada estimado con la cantidad de embriones desarrollados en las hembras grávidas del segundo grupo de animales ( $n=26$ ) fue de  $18.77 \pm 3.6$ , diferencia que resultó altamente significativa con respecto a las crías encontradas en el dorso de los animales 48 horas después del parto, efecto del canibalismo que las hembras de esta especie presenta durante el parto.

El que el tamaño de la camada no se haya correlacionado con el tamaño de la hembra (representado por el peso), es un resultado previamente obtenido para otras especies de alacranes, entre ellas *Centruroides exilicauda* (Brown, 2004), *Tityus serrulatus* Lutz y Mello (Outeda-Jorge *et al.*, 2009); sin embargo en el mismo trabajo se encontró una correlación positiva entre el tamaño de la hembra y el tamaño de la camada para *T. bahiensis* (Perty) y *T. silvestris* Pocock, situación que se había generalizado para todos los alacranes (Francke, 1981) pero que ahora se corrobora que puede variar dependiendo de la especie. Esto no implica que no haya efecto del tamaño de la hembra en otros aspectos referentes a la camada, ya que, contrario a lo encontrado por Aguiar *et al.* (2008), nosotros observamos que a mayor peso de las hembras, los embriones son más pesados y también más numerosos, mientras que en las crías se observa una tendencia similar, aunque no llegó a ser estadísticamente significativa, seguramente por efecto del canibalismo de las hembras sobre sus crías.

La comparación entre el peso de embriones y el de crías se presenta por primera vez para una especie de alacranes, por lo que debe tomarse con precaución lo que al respecto se pueda decir. El haber encontrado una diferencia altamente significativa entre el peso de los embriones y el de las crías, puede simplemente ser el reflejo de la pérdida de peso que sufren las crías una vez que suben al dorso de la madre y se alimentan del vitelo que aún llevan en sus cuerpos, ya que las mediciones se tomaron 48 horas post parto; o bien, representar una tendencia de los animales a tener embriones de mayor peso que las crías como estrategia de sobrevivencia, situación que debe estudiarse en otras especies a fin de establecer una generalización al respecto.

## **Conclusiones**

*C. ornatus* es una especie con tamaños de camada pequeños que varían de 6 a 21 crías por parto, como efecto del canibalismo de la hembra sobre sus crías.

Considerando el canibalismo de la hembra, el cual puede presentarse durante el parto y el postparto, así como a la pérdida de peso que sufren las crías una vez que suben al dorso de la madre, debido al tiempo transcurrido entre el parto y la toma de datos son factores que pueden afectar la correlación positiva esperada entre el tamaño de la hembra y el tamaño de las camadas de crías.

Para conocer el potencial reproductivo de esta especie, es más confiable utilizar datos de embriones que de crías, debido al comportamiento caníbal de las hembras.

## **Agradecimientos.**

Se agradece a Ernestor Oliveros, Dennise Sánchez, Raúl Ojeda y Jezabel Báez por su apoyo en la colecta de ejemplares en campo.

## **Literatura Citada.**

- Aguiar, A.P.N., P.L. Santana-Neto, J.R.B. Souza y C.L.M. Albuquerque. 2008. Relationship between litter characteristics and female size in *Tityus stigmurus* (Scorpiones, Buthidae). *The Journal of Arachnology*, 36: 464-467
- Armas, L. F. de, E. Martín-Frías y J. Estévez-Ramírez. 2003. Lista anotada de las especies mexicanas del género *Centruroides* Marx, 1890 (Scorpiones, Buthidae). *Revista Ibérica de Aracnología*, 8:93-98
- Baldazo-Monsivaiz, J. G., J. Ponce-Saavedra y M. Flores-Moreno. 2013. Una especie nueva de alacrán del género *Centruroides* de importancia médica (Scorpiones:

- Buthidae) del estado de Guerrero, México Scorpionida). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 100–116.
- Brown, C. A. 1997. Growth rates in the scorpion *Pseudouroctonusreddelli* (scorpionida, vaejovidae). *The Journal of Arachnology* 25 :288–294
- Brown, C. A. 2004. Life Histories of Four Species of Scorpion In Three Families (Buthidae, Diplocentridae, Vaejovidae) From Arizona And New Mexico. *The Journal of Arachnology*, 32:193–207.
- Formanowicz, D. R. y L. R. Shaffer. 1993. Reproductive investment in the scorpion *Centruroidesvittatus*. *Oecologia* 94:368–372.
- Francke, O. F. 1976. Observation on the life history of *Uroctonusmordax*Thorell (Scorpionida, Vaejovidae). *Bulletin of the BristishArchnology Society* 3: 254-260.
- Francke, O. F. 1979. Observation on the reproductive biology and life history of *Megacormusgertschi* Diaz (Scorpiones: Chactidae; Megacorminae). *The Journal of Arachnology Society* 7: 223-230.
- Francke, O. F. 1981. Birth behavior and life history of *Diplocentrusspitzeri*Stahnke (Scorpiones: Diplocentridae). *The Southwestern Naturalist*, 25(4): 517-523.
- Lourenço, W. R. 2007. Litter Size in Micro-Buthoid Scorpions (Chelicerata, Scorpiones). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 40: 473-477
- Lourenco, W.R., O. Cuellar y F.R.M. La Cruz. 1996. Variation of reproductive effort between parthenogenetic and sexual populations of the scorpion *Tityuscolumbianus*. *Journal of Biogeography* 23:681–686.
- Outeda-Jorge, S., T. Mello y R. Pinto-da-Rocha. 2009. Litter size, effects of maternal body size, and date of birth in South American scorpions (Arachnida: Scorpiones). *Zoologia* 26 (1): 43-53.

- Polis, G. A. y R. D. Farley. 1979. Behavior and ecology of mating in the cannibalistic scorpion, *Paruroctonus mesaensis* Stahnke (Scorpionida: Vaejovidae). *The Journal of Arachnology*, 7:33–46.
- Ponce-Saavedra, J. y O. F. Francke. 2013. El género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) y su importancia médica en el estado de Michoacán, México. *Entomología Mexicana*, 2: 811–816. Revisar, deben de escribir los editores
- Ponce-Saavedra, S. J., 2003. Ecología y Distribución del Género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae), en la Depresión del Balsas del Estado de Michoacán. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. Santiago de Querétaro., 276 pp.
- Rein J. O. 2015. Scorpion Files. On line. <http://www.ub.ntnu.no/scorpion-files/scorpionidae.php>. Accesada 1-04-2015.
- Santibáñez-López, C. E. y G. A. Contreras-Félix. 2013. Two new species of *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) from Oaxaca, Mexico. *Zootaxa*, 3734(2): 130–140.
- Torres, F. y H. Heatwole. 1976. Factors influencing behavioral interaction of female parent and offspring in scorpions. *Caribbean J. Sci.*, 7:19-22.



### ***Agradecimientos***

Este documento forma parte de la tesis doctoral del primer autor un estudio que fue financiado por una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). Ambos autores están muy agradecidos a Ernestor Oliveros, Dennis Sánchez, Raúl Ojeda, José Luis Espinoza, Dariana Yunuen Gaspar y Cinthya Rodríguez por su apoyo y entusiasmo para el trabajo de campo.

### ***Literatura citada***

- Arms, L. F. de . 1980 . Aspectos de la biología de algunos escorpiones cubanos. *Poeyana*, 211 :1-28.
- Auber, M. 1963 . Reproduction et croissance de *Buthus occitanus* Amoreux . *Ann . Sci. Nat., Zool. , Paris*, 12 ser ., 5 :273-286 .
- Baerg, W. J. 1954 . Regarding the biology of the common Jamaican scorpion . *Ann. Entomol . Soc . America*, 47 :272-276 .
- Bonnet, P. 1930 La mue, l'autotomie et la regeneration chez les araignees, avec une etude de s *Dolomedes* d'Europe . *Bull. Soc . Hist. Nat. Toulouse*, 59 :237-700 .
- Francke, O . F . 1976 . Observations on the life history of *Uroctonus mordax* Thorell. *Bull . British Arachnol. Soc.*, 3 :254-260 .
- Francke, O . F . 1979a . Observations on the reproductive biology and life history of *Megacormus gertschi* Diaz . *J . Arachnol.*, 7 :223-230 .
- Francke, O. F. 1979b. The spermatophores of some North American scorpions . *J. Arachnol.*, 7 :19-32 .

- Francke, O . F. 1981 . Birth behavior and life history of *Diplocentrus spitzeri* Stahnke. Southwest, Natu ., 25 :517-523 . Keegan, H . L. 1980 . Scorpions of Medical Importance . Univ . Press Mississippi, Jackson, Miss., 144 pp.
- Krantz, G. W. 1971 . A manual of Acarology . Oregon State Univ . Bookstore, Inc ., Corvallis, Oregon , 335 pp . Legendre, R . 1968 . Morphologie et Developpement des Chelicerates. Fortschr. Zool ., 19 :1-50 .
- Lucas, M. H. 1890 . Sur la fecondite du genre du scorpion . Bull. Soc . Entomol . France, 6 ser., 10 :46 . Lourenco, W. R. 1978 . Etude sur les scorpions appartenant au "complexe" *Tityus trivittatus* Kraepelin, 1898 et, en particulier, de la sous-espece *Tityus trivittatus fasciolatus* Pessoa 1935 (Buthidae) . These 3e cycle Univ . Pierre et Marie Curie, Paris, 128 pp ., 55 pls. Matthiesen, F . A. 1962 .
- Lourenço. W. R. 2007. Litter size in Micro-buthoid scorpions (Chelicerata, Scorpiones). Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa, 40:473– 477.
- Parthenogenesis in scorpions . Evolution, 16 :255-256 . Matthiesen, F . A. 1970 . Le developpement post-embryonnaire du scorpion Buthidae, *Tityus bahiensis* (Perty, 1834). Bull. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris, 2 ser., 41 :1367-1370 .
- Matthiesen, F . A. 1971 . Observations on four species of Brazilian scorpions in captivity . Rev . Brasileira Pesq. Med . Biol ., 4 :301-302 . Muchmore, W . B. 1980. A new species of *Apochthonius* with paedomorphic tendencies. J. Arachnol. , 8 :87-90 .
- Muma, M. H . 1966 . The life cycle of *Eremobates durangonus*. Florida Entomol., 49:233-242 .

## VI. DISCUSIÓN GENERAL

La situación taxonómica para algunas especies de *Centruroides* aún no es clara, lo que ha llevado a malas determinaciones o confusiones específicas y como consecuencia se han descrito patrones de distribución en los que se encuentran confundidas varias especies (Miranda, 2001; Hernández, 2002; Ponce y Moreno, 2005). Como lo es el caso de *Centruroides ornatus* y que previamente había sido detectado por Ponce-Saavedra (2003) en *Centruroides infamatus* (C.L. Koch) especie de la cual *C. ornatus* se consideraba subespecie (Hoffmann, 1932). El problema taxonómico para esta *C. ornatus* ha sido aclarado, ya que con evidencias morfológicas y morfométrica en el presente trabajo se determinó que entre las poblaciones que habían sido determinadas a esta especie se encontraban confundidas 7 especies; la especie en estudio, 4 especies nuevas para Jalisco y 2 para el estado de Michoacán, las cuales con la especie en estudio conformaban un complejo de especies debido a que son morfológicamente muy parecidas, con hábitats similares en tipo de vegetación y altitud.

La resolución de los problemas taxonómicos planteados y generar información sobre ecología y la biología de la especie, hará posible incrementar el conocimiento sobre las especies del género *Centruroides* en México.

### *Densidad*

El enfoque ecológico muestra que la estructura encontrada para las poblaciones de *C. ornatus* en la Cuenca de Cuitzeo es congruente pero con ligeras variaciones a lo que se sabe de otras especies del género: *C. balsasensis*, *C. limpidus*, *C. tecomannus* y *C. vittatus* (Ponce-Saavedra, 2003; Yamashita, 2004; Ponce-Saavedra y Vázquez, 2007). La diferencia en clima, la variación de la temperatura y humedad; entre las áreas en que habitan estas especies y el área de trabajo con *C. ornatus*, puede ser la causa en las diferencias de

comportamiento de las poblaciones ya que en la región de la Depresión del Balsas el clima es muy cálido con estación fría poco marcada y en las localidades de la cuenca de Cuitzeo el clima es templado y la época fría bien definida y seca.

El valor más alto obtenido para *C. ornatus* es semejante a lo reportado para *C. balsasensis* (Ponce-Saavedra, 2003), especie que es similar en tamaño con la de estudio y los valores son inferiores a lo registrado para *Centruroides exilicauda*, *C. margaritatus* y *Leirus quinquestriatus* especies de mayor talla y que cuyo hábitat presenta diferencia de vegetación y disponibilidad de refugios (Yamashita, 2004; Brown et al, 2002). Así mismo la comparación directa entre especies debe tomarse con reserva, ya que el dato obtenido depende del método de captura, tiempo de colecta, hábitos y la actividad de los animales puede variar entre especies.

#### *Biomasa*

El peso promedio estimado para hembras adultas es de 0.40gr ( $\pm 0.11$ ), para machos 0.32gr ( $\pm 0.09$ ) y Juveniles 0.13gr ( $\pm 0.12$ ), es diferente a lo obtenido para algunas especies de Buthidae. Además las estimaciones en otros trabajos (Polis, 1990; Ponce-Saavedra y Vázquez, 2007) no hacen la separación de la biomasa por categoría de edades, lo cual influencia en gran medida los resultados obtenidos. Así mismo *Centruroides ornatus* es un animal más pequeño que otras especies de la familia Buthidae de las que se tienen datos de peso y estimaciones de biomasa p.e. *L. quinquestriatus*, *C. margaritatus* y *C. exilicaud.*

Todas las comparaciones y particularmente los valores presentados por Polis (1990b) deben tomarse con reserva con respecto a lo obtenido en este trabajo, debido a que para *C. ornatus* se obtuvo peso promedio por sexo y por edad y las diferencias fueron

aplicadas para el cálculo de la biomasa; lo cual no fue realizado en los trabajos citados por Polis (1990b).

#### *Estructura de edades*

Las estimaciones para *C. ornatus* muestran un mayor proporción de juveniles a lo largo de todo el año muestreado lo que es ligeramente diferente a lo obtenido para *C. balsasensis* (Ponce-Saavedra, 2003) especies del mismo género, sin embargo las ligeras diferencias puede verse influenciada por la variación de la temperatura y humedad (Yamashita, 2004), por lo que en futuras comparaciones se deben tomar en cuenta los factores ambientales que pueden estar afectando el registro de ciertos individuos en la población antes de llegar a una conclusión.

#### *Distribución espacial*

Al igual que la mayoría de las especies de alacranes, *C. ornatus* presenta una distribución agregada, lo cual es congruente con lo por Polis (1990) donde dice que 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 general los alacranes permanecen en un área pequeña que ofrezca protección y alimento.

#### *Actividad superficial*

El patrón de actividad registrada es en lo general es similar para ambos sitios, pero presenta algunas variaciones, lo que puede estar determinado por los factores ambientales como cobertura vegetal o disponibilidad de refugios, la temperatura y humedad, y esto también se ve reflejado en la estimación de densidad. (Bobka et al., 1981; Forsman, 1999; Angilletta et al., 2004; Carlson y Rowe, 2010; Ponce-Saavedra, 2003).

### *Ecdisis*

La duración del proceso de muda en los alacranes presenta diferencia en cuanto al tiempo que este dura dependiendo de los factores ambientales como temperatura y humedad, lo cual se comprobó al comparar el tiempo de este en campo y en condiciones de laboratorio, siendo este último el que tuvo una mayor duración e incluso se impide la filialización satisfactoria del mismo.

### *Cortejo, apareamiento y gestación*

El cortejo en los alacranes presenta ligeras diferencias en cuanto a tiempo de las etapas que lo componen, pero en general el comportamiento se mantiene dentro de la especie, aunque puede variar entre especies de la misma familia (Polis, 1990; Peretti, 1996; Ponce et al., 2003; Prendini, 2005).

En *C. ornatus* no se presentó una época definida para apareamiento, ya que se encontró que puede abarcar hasta 11 meses del año, lo que indica que en esta especie hay más de una época reproductiva y es por ello que se presentan juveniles en todas las épocas del año, lo cual corresponde con una constante fase de reclutamiento.

La duración de la gestación es variable aun dentro de las especies del mismo género. Para *C. ornatus* se estimó una duración de 7 meses. Diferentes autores reportan desde 2 a 8 meses en distintas especies de butidos. Siendo las especies pequeñas las que registran menor tiempo de desarrollo embrionario que varía de 3 a 4 meses (Lourenço, 2007), mientras que en ejemplares de mayor tamaño como *Androctonus* alcanzan hasta 8 meses de gestación (Birula, 1970a, Auber-Thomay, 1974). *Centruroides ornatus* es una especie de tamaño mediano entre las del género.

### *Tamaño de camada*

El genero *Centruroides* presenta gran variación en el tamaño de las camada, encontrando asi especies con 9 a 38 crías con una media de 23.7 (Polis y Sissom, 1990). Ponce (2003) para *C. limpidus* obtuvo camadas de 19 crías, pero también de hasta 30 para la misma especie. *C. ornatus* es una especie con tamaños de camada pequeños que varían de 6 a 21 crías, por parto por lo cual para establecer el tamaño de la camada en una especie se debe contar datos suficientes, como en este trabajo; para evitar una sub estimación o sobre estimación. Tambien es importante tener en consideración el efecto que el comportamiento caníbal de la madre tiene sobre el tamaño de la camada final.

## VII. CONCLUSIONES

- ❖ Dentro de las poblaciones determinadas como *Centruroides ornatus* se encontró que con base en las características morfológicas y morfométricas 4 poblaciones del estado de Jalisco y 2 de Michoacán no corresponden con la especie en estudio.
- ❖ La resolución de los problemas taxonómicos en especies crípticas son factibles utilizando la combinación de herramientas morfológicas y morfométricas, debido a que en conjunto clarifican las características suficientes que indican determina cada especie, y en especies estrechamente relacionadas el uso de técnicas moleculares.
- ❖ La distribución geográfica de *C. ornatus* se encuentra principalmente dentro de la provincia geológico-fisiográfica del cinturón neovolcánico trasmexicano (CVTM).
- ❖ Las poblaciones de *Centruroides ornatus* en la Cuenca de Cuitzeo tienen un comportamiento estacional similar, siendo en ambos sitios de colecta la proporción sexual 1:1, estimaciones de densidad y actividad aparente muy parecidas aun y cuando las localidades presentan diferencias en cuanto a tipo de suelo, cobertura vegetal y ligera variación de temperatura.
- ❖ La densidad de los alacranes en los sitios de estudio se ven influenciada por la variación de la temperatura y humedad. A mayores temperaturas y menor porcentaje de humedad, mayor el número de ejemplares, siendo los juveniles los más abundantes, reflejándose en las bajas estimaciones de biomasa además de la



diferencia significativa entre el peso promedio de hembras (0.40gr) y de machos (0.32gr).

- ❖ La presencia de ejemplares juveniles durante todo el ciclo anual y los registros de cortejo en diferentes épocas del año, indican que en esta especie la reproducción no se encuentra limitada a una determinada época del año, presentando por lo menos dos picos de reproducción en estas poblaciones.
  
- ❖ *C. ornatus* es una especie con tamaños de camada pequeños que varían de 6 a 21 crías por parto, como efecto del canibalismo de la hembra sobre sus crías.
  
- ❖ Considerando el canibalismo de la hembra, el cual puede presentarse durante el parto y el postparto, así como a la pérdida de peso que sufren las crías una vez que suben al dorso de la madre, debido al tiempo transcurrido entre el parto y la toma de datos son factores que pueden afectar la correlación positiva esperada entre el tamaño de la hembra y el tamaño de las camadas de crías.
  
- ❖ Para conocer el potencial reproductivo de esta especie, es más confiable utilizar datos de embriones que de crías, debido al comportamiento caníbal de las hembras.

## VIII. LITERATURA GENERAL

- Acosta, L. E., Candido, D. M., Buckup, E. H. and Brescovit, A. D. (2008). Description of *Zabius gaucho* (Scorpiones, Buthidae), a new species from southern Brazil, with an update about the generic diagnosis. *The Journal of Arachnology*, 36, 491–501.
- Aguiar, A.P.N., P.L. Santana-Neto, J.R.B. Souza y C.L.M. Albuquerque. 2008. Relationship between litter characteristics and female size in *Tityus stigmurus* (Scorpiones, Buthidae). *The Journal of Arachnology*, 36: 464-467
- Angilletta, M.J., Jr., T.D. Steury, T.D. Sears & M.W. Sears. 2004. Temperature, growth rate, and body size in ectotherms: fitting pieces of a life-history puzzle. *Integrative and Comparative Biology*, 44:498–509.
- Armas, L. F. De & E. Martin-Frias. 2008. El género *Centruroides* Marx, 1890 (Scorpiones: Buthidae) en el Estado de Veracruz, México. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 43: 7–22.
- Armas, L. F. de . 1980 . Aspectos de la biología de algunos escorpiones cubanos. *Poeyana*, 211 :1-28.
- Armas, L. F. de, E. Martín-Frías y J. Estévez-Ramírez. 2003. Lista anotada de las especies mexicanas del género *Centruroides* Marx, 1890 (Scorpiones, Buthidae). *Revista Ibérica de Aracnología*, 8:93-98
- Armas, L. F. de. (2009). Sinopsis de los escorpiones antillanos. Editorial Ciencia y Técnica, La Habana, 102 pp.
- Armas, L.F. De & E.J. Marcano-Fondeur. 1992. Nuevos alacranes de República Dominicana (Arachnida: Scorpiones). *Poeyana*, 420: 1-36
- Auber, M. 1963. Reproduction et croissance de *Buthus occitanus* Amoreux. *Ann . Sci. Nat., Zool., Paris*, 12 ser ., 5 :273-286.
- Baerg, W. J. 1954 . Regarding the biology of the common Jamaican scorpion . *Ann. Entomol . Soc . America*, 47 :272-276 .
- Baldazo-Monsivaiz, J. G., J. Ponce-Saavedra y M. Flores-Moreno. 2013. Una especie nueva de alacrán del género *Centruroides* de importancia médica (Scorpiones: Buthidae) del estado de Guerrero, México (Scorpionida). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 100–116.

- Benton, T. 2001. Reproductive Ecology. In: Brownell, P. y G. Polis (Eds.). *Scorpion Biology and Research*. Oxford University Press. New York. pp. 278-301.
- Beutelspacher-Baigts, C. R. 2000. Catálogo de los alacranes de México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México, 175 pp.
- Bobka, M.S., R.G. Jaeger & D.C. Mcnaught. 1981. Temperature dependent assimilation efficiencies of two species of terrestrial salamanders. *Copeia*, 417–421.
- Bonnet, P. 1930 La mue, l'autotomie et la regeneration chez les araignees, avec une etude de s Dolomedes d'Europe . *Bull. Soc . Hist. Nat. Toulouse*, 59 :237-700 .
- Brown, C. A. 1997. Growth rates in the scorpion *Pseudouroctonusreddelli* (scorpionida, vaejovidae). *The Journal of Arachnology* 25 :288–294
- Brown, C. A. 2001. Allometry of offspring size and number in scorpions. En: *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. 2004. Life Histories of Four Species of Scorpion In Three Families (Buthidae, Diplocentridae, Vaejovidae) From Arizona And New Mexico. *The Journal of Arachnology*, 32:193–207.
- Brown, C.A. & D.J. O'connell. 2000. Plant climbing behavior in the scorpion *Centruroides vittatus*. *American Midland Naturalist*, 144:406–418.
- Brown, C.A., J.M. Davis, D.J. O'connell & D.R. Formanowitz, Jr. 2002. Surface density and nocturnal activity in a west Texas assemblage of scorpions. *Southwestern Naturalist*, 47:409-419.
- Cala-Riquelme, F. & M. Colombo. 2011. Ecology of the scorpion, *Microtityus jaumei* in Sierra de Canasta, Cuba. *Journal of Insect Science*, 11: 1-10.
- Carlson, B.E. & M.P. Rowe 2009. Temperature and desiccation effects on the antipredator behavior of *Centruroides vittatus* (Scorpiones: Buthidae). *J. Arachnol.*, 37: 321–330.
- Cristiane, S. Araújo C.S.; D.M. Candido, .H.F.P. De Araújo; S.C. Dias & A. Vasconcellos. 2010. Seasonal variations in scorpion activities (Arachnida: Scorpiones) in an area of Caatinga vegetation in northeastern Brazil. *ZOOLOGIA*, 27 (3): 372–376.

- Díaz-Nájera, A. 1966. Alacranes de la República Mexicana. Clave para identificar especies de *Centrurus* (Scorpionida: Buthidae). *Revista de Investigación de Salud Pública*, 26(2): 109–123.
- Díaz-Nájera, A. 1975. Listas y datos de distribución geográfica de los alacranes de México (Scorpionida). *Revista de Investigación de Salud Pública*, 35:1–36.
- Ewing, H. E. 1929. The scorpions of the western part of the United States, with notes on those occurring in northern Mexico. *Proceedings of the United States National Museum*, 73: 1–24.
- Ferrusquía-Villafranca I. 1998. Geología de México: una sinopsis. En: Ramamoorthy T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. Eds. *Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución*, pp. 3-108, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Fet, V. and Lowe, G. (2000). Family Buthidae C. L. Koch, 1837. En: V. Fet, Sissom, W. D., Lowe, G. and Braunwalder, M. E. (Eds.), *Catalog of the scorpions of the World (1758-1998)*, (pp. 54-286). The New York Entomological Society, New York.
- Fet, V., W. D. Sissom, G. Lowe & M. E. Braunwalder. 2000. *Catalog of the scorpions of the world (1758–1998)*. The New York Entomological Society, New York. Pp. 54-286.
- Formanowicz, D. R. y L. R. Shaffer. 1993. Reproductive investment in the scorpion *Centruroides vittatus*. *Oecologia* 94:368–372.
- Forsman, A. 1999. Variation in thermal sensitivity of performance among colour morphs of a pygmy grasshopper. *J. Evol. Biol.*, 16: 869–878.
- Francke, O . F . 1976 . Observations on the life history of *Uroctonus mordax* Thorell. *Bull . British Arachnol. Soc.*, 3 :254-260 .
- Francke, O . F . 1979a . Observations on the reproductive biology and life history of *Megacormus gertschi* Diaz . *J . Arachnol.*, 7 :223-230 .
- Francke, O . F. 1981 . Birth behavior and life history of *Diplocentrus spitzeri* Stahnke. *Southwest, Natu .*, 25 :517-523 .
- Keegan, H . L. 1980 . *Scorpions of Medical Importance* . Univ . Press Mississippi, Jackson, Miss., 144 pp.
- Francke, O. F. (1977). Scorpions of the genus *Diplocentrus* Peters from Oaxaca, México. *The Journal of Arachnology*, 4, 145–200.

- Francke, O. F. 1979b. The spermatophores of some North American scorpions . J. Arachnol., 7 :19-32 .
- Francke, O. F. 1981. Birth behavior and life history of *Diplocentrus spitzeri* Stahnke (Scorpiones: Diplocentridae). The Southwestern Naturalist, 25(4): 517-523.
- Francke, O. F. 1984. *Centrurus limpidus* Karsch, 1879 and *Centruroides ornatus* Pocock, 1902 (Arachnida, Scorpiones): proposed conservation. Z. N. (S.) 2446. Bulletin of the Zoological Nomenclature, 41(2): 97-100.
- Francke, O. F. y S. K. Jones. 1982. The life history of *Centruroides gracilis* (Scorpiones, Buthidae). J. Arachnol., 10:223-239
- Francke, O. F., R. Teruel & C. E. Santibañez-Lopez. 2014. A new genus and a new species of scorpion (Scorpiones: Buthidae) from southeastern Mexico. Journal of Arachnology, 42: 220–232.
- Francke, O.F & D.W. Sissom 1984. Comparative review of the methods used to determine the number of molts to maturity in scorpions (Arachnida) with analysis of the post-birth development of *Vaejovis coahuilae* Williams (Vaejovidae). Journal of Arachnology, 12:1-20.
- García, E. 1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Inst. Geog. UNAM, 252 pp.
- Gonzalez-Santillan, E. 2001. Catálogo de escorpiones de la Colección Nacional de Arácnidos. Tesis de Licenciatura. UNAM. México DF. 146 pp.
- Gonzalez-Santillan, E. 2004. Diversidad, Taxonomía y hábitat de alacranes. Pp. 25-35, en: García-Aldrete, A. N. & R. Ayala (eds). Artrópodos de Chamela. 2004. Instituto de Biología, UNAM. México, 227 pp.
- Hernandez, C. E. 2002. Análisis morfométrico de ocho poblaciones de *Centruroides limpidus* (Karsh) y sus subespecies mediante el uso de técnicas multivariadas. Tesis, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán, México. 86 pp.
- Hoffmann, C. C. 1931. Monografías para la entomología médica de México. Monografía Num. 2, Los escorpiones de México. Primera parte: Diplocentridae, Chactidae, Vaejovidae. Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, 2(4): 291 – 408

- Hoffmann, C. C. 1932. Monografías para la Entomología Médica de México. Monografía Núm. 2. Los escorpiones de México. Segunda parte: Buthidae. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 3–4: 243–361.
- Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal de la Secretaría de Gobernación. [INAFED]. (2010). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México: los municipios del Estado de Michoacán de Ocampo". Recover 4 julio, 2015 from: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/index.html>
- Israde-Alcántara, I., R. Velázquez–Durán, M.S. Lozano-García, J. Bischoff, G. Domínguez-Vázquez & V.H. Garduño-Monroy. 2010. Evolución Paleolimnológica del Lago Cuitzeo, Michoacán durante el Pleistoceno–Holoceno. Bol. Soc. Geol. Mex 62 (3): 345-357
- JMP v. 6.0. (2005). SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2007. NC, USA.
- Kaltsas, D. & M. Mylonas. 2007. The population structure of *Mesobuthus gibbosus* (Scorpiones: Buthidae) on Koufonisi Island (Central Aegean Archipelago, Greece). Euscorpius Occasional Publications in Scorpiology. No. 55:1-8.
- Koç H, & Yağmur E.A. 2007. Dilek Yarımadası Milli Parkı (Söke-Kuşadası, Aydın) akrep faunası. Ekoloji Dergisi 65: 52-59
- Kovařík, F. 1998. Stiri.(Scorpions).Madagaskar, Jilhava. 175 pp.
- Krantz, G. W. 1971 . A manual of Acarology. Oregon State Univ. Bookstore, Inc., Corvallis, Oregon , 335 pp . Legendre, R . 1968 . Morphologie et Developpement des Chelicerates. Fortschr. Zool ., 19 :1-50 .
- KREBS, CHARLES J. 2000. Ecological Methodology, 2nd (Ed.). Addison-Welsey Educational Publishers, Inc. Menlo Park, CA. 620 pp.
- Lourenço, W. R. 2007. Litter Size in Micro-Buthoid Scorpions (Chelicerata, Scorpiones). Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa 40: 473-477
- Lourenço, W. R. & W. D. Sissom. 2000. Scorpiones. Pp. 115–135, en Llorente-Busquets, J., & E. González-Soriano (eds), Diversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. II. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 676 pp.

- Lourenço, W.R. 1979. Le scorpion Buthidae: *Tityus mato Grossoensis* Borelli, 1901 (Morphologie, Écologie, Biologie et Développement postembryonnaire). Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris 4e sér. 1 (A1): 95-117.
- Lourenço, W.R. 1988. Le développement postembryonnaire de *Centruroides pococki* Sissom & Francke, 1983 (Buthidae) et de *Didymocentrus lesueurii* (Gervais, 1844) (Diplocentridae) (Arachnida, Scorpiones). Revue Arachnologique, 7 (5): 213-222.
- Lourenço, W.R. 1989. Le développement postembryonnaire de *Rhopalurus princeps* (Karsch, 1879) (Scorpiones, Buthidae). Revista Brasileira de Biologia, 49 (3): 743-747.
- Lourenço, W.R., O. Cuellar y F.R.M. La Cruz. 1996. Variation of reproductive effort between parthenogenetic and sexual populations of the scorpion *Tityus columbianus*. Journal of Biogeography 23:681–686.
- Lucas, M. H. 1890 . Sur la fécondité du genre du scorpion . Bull. Soc . Entomol . France, 6 ser., 10 :46 . Lourenço, W. R. 1978 . Etude sur les scorpions appartenant au "complexe" *Tityus trivittatus* Kraepelin, 1898 et, en particulier, de la sous-espece *Tityus trivittatus fasciolatus* Pessoa 1935 (Buthidae) . These 3e cycle Univ . Pierre et Marie Curie, Paris, 128 pp ., 55 pls. Matthiesen, F . A. 1962 .
- Mac Reynolds C.N., 2004. Temporal patterns in microhabitat use for the scorpion, *Centruroides vittatus* (Scorpiones, Buthidae). Proc. 3rd Scorp. Symp., Norman, June 2004, Euscorpius, 17: 35-45.
- Mac Reynolds C.N., 2007. The effect of size on microhabitat preferences by the scorpion, *Centruroides vittatus* (Scorpiones, Buthidae). Abstract 30th Ann. Meet. Amer. Arachnol. Soc., Coll. Notre Dame of Maryland, 17-21.
- Mac Reynolds C.N., 2009. The effects of prey availability and scorpion size on the foraging behavior of the scorpion, *Centruroides vittatus*. Abstract 33rd AAS Ann. Meeting, Russellville, Arkansas, 26-6/1-7-2009.
- Mac Reynolds, C. N. 2008. Microhabitat preferences for the errant scorpion, *Centruroides vittatus* (Scorpiones, Buthidae). The Journal of Arachnology, 36:557–564
- Maptool. <http://www.seaturtle.org/maptool>. Accessed: July 2015.
- Martín Frías, E. & L. F. De Armas. 2001. Estudio taxonómico y biogeográfico de los alacranes mexicanos del género *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae). Principales

- problemas. Pp. 311–315, en Payán-Porras, T., M. Guerra-Álvarez, A. Flores-Díaz & M. A. Aguayo-Saviñón (eds), Reflexiones sobre el megaproyecto del Istmo de Tehuantepec. Recursos, problemática y futuro. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F., 359 pp.
- Matthiesen, F . A. 1971 . Observations on four species of Brazilian scorpions in captivity . Rev . Brasileira Pesq. Med . Biol ., 4 :301-302 . Muchmore, W . B. 1980. A new species of *Apochthonius* with paedomorphic tendencies. J. Arachnol. , 8 :87-90 .
- Meise, W. 1934. Scorpiones. *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne*, 74: 25–43.
- Miranda, L. E. P. 2001. Utilización de técnicas moleculares para la definición del estatus taxonómico de dos especies y subespecies del género *Centruroides* Marx, 1890 (Scorpiones: Buthidae). Tesis, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 71 pp.
- Miranda, L. E. P., J. Ponce-Saavedra & O. F. Francke B. 2012. Una especie nueva de *Vaejovis* (Scorpiones: Vaejovidae) del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83: 966-975.
- Muma, M. H . 1966 . The life cycle of *Eremobates durangonus*. *Florida Entomol.*, 49:233-242 .
- Muséum National d’Histoire Naturelle, 3, 857–958.
- Nime, M.F., F. Casanoves & C.I. Mattoni. 2014. Surface activity, sex ratio and diversity of scorpions in two different habitats in an Arid Chaco reserve Argen. *J. Insect Conserv.*, 18 (3):373–384
- Nime, M.F., F. Casanoves, D. Vrech & C.I. Mattoni. 2013. Relationship between environmental variables and the surface activity of the scorpions in a reserve of Arid Chaco Argen. *Invert. Biol.*, 132 (2):145–155
- Outeda-Jorge, S., T. Mello y R. Pinto-da-Rocha. 2009. Litter size, effects of maternal body size, and date of birth in South American scorpions (Arachnida: Scorpiones). *Zoologia* 26 (1): 43-53.
- Ozkan, O., Adiguzel, Z. and Kar, S. (2006). Parametric values of *Androctonus crassicauda* (Oliver, 1807) (Scorpiones: Buthidae) from Turkey. *Journal of Venomous Animal and Toxins including Tropical Diseases*, 12, 549–559.



- Pocock, R. I. 1902. Arachnida: Scorpiones, Pedipalpi, and Solifugae. *Biologia Centrali-Americana. Zoologia*. Taylor & Francis, London, 71 pp.
- Polis, G. A. 1990A. Introduction. En: Polis, G. A (Ed.). *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press. Stanford, California., pp. 1-8.
- Polis, G. A. 1990b. Ecology. En: Polis, G. A (ed.). *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press. Stanford, California, p. 247-293.
- Polis, G. A. y R. D. Farley. 1979. Behavior and ecology of mating in the cannibalistic scorpion, *Paruroctonus mesaensis* Stahnke (Scorpionida: Vaejovidae). *The Journal of Arachnology*, 7:33–46.
- Polis, G. A. y W. D. Sissom. 1990. Life History. En: G. A. Polis (ed.). *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press. Stanford, California. p. 161-223.
- Ponce, S. J., R. J. Moreno B. y E. P. Miranda L. 2003. Cortejo y comportamiento de apareamiento de *Centruroides* sp. nov. (Scorpiones: Buthidae) en condiciones de laboratorio. *Biológicas* 5. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. pp. 64-70.
- Ponce-Saavedra J., A.F. Quijano-Ravell, R. Teruel & O. F. Francke. 2015b. Redescription of *Centruroides ornatus* Pocock, 1902 (Scorpiones: Buthidae) a montane scorpion from Central Mexico. *Revista Ibérica de Aracnología*, En prensa.
- Ponce-Saavedra, J. & C. R. Beutelspacher B. 2001. Alacranes de Michoacán UMSNH. Ediciones Michoacanas. Morelia, Michoacán, México. 103 pp.
- Ponce-Saavedra, J. & Francke, O.F. (2011b) Especie nueva de alacrán del género *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) de la costa del estado de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1163–1175.
- Ponce-Saavedra, J. & Francke, O.F. (2011a) Nueva especie de alacrán del género *Centruroides* (Scorpiones, Buthidae) del estado de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 465–474.
- Ponce-Saavedra, J. & O. F. Francke. 2013a. Clave para la identificación de especies de alacranes del género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) en el Centro Occidente de México. *Biológicas*, 15 (1): 52-62.
- Ponce-Saavedra, J. & O. F. Francke. 2013b. Actualización taxonómica sobre alacranes del Centro Occidente de México. *Dugesiana*, 20(2): 73–79.

- Ponce-Saavedra, J. & O. F. Francke. 2013c. El género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) y su importancia médica en el estado de Michoacán, México. *Entomología Mexicana*, 12: 811-16.
- Ponce-Saavedra, J. & R. Moreno-Barajas. 2005. El género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) en México. *Biológicas*, 7: 42–51.
- Ponce-Saavedra, J. & X.J. Vazquez. 2007. Aspectos ecológicos de *Centruroides limpidus limpidus* (Karsch ) en una localidad de Zitácuaro, Michoacán. *Entomología Mexicana*, 6 (1): 71-75.
- Ponce-Saavedra, J. 2003. Ecología y Distribución del Género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae), en la Depresión del Balsas del Estado de Michoacán. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. Santiago de Querétaro., 276 pp.
- Ponce-Saavedra, J. and Francke, O. F. (2004). Una nueva especie de alacrán del género *Centruroides* Marx (1890) (Scorpiones: Buthidae) de la Depresión del Balsas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20, 221–232.
- Ponce-Saavedra, J. and Francke, O. F. (2009). Descripción de una especie nueva de alacrán con importancia médica del género *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) del Estado de Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 647–658.
- Ponce-Saavedra, J. and Francke, O. F. (2013a). Actualización taxonómica sobre alacranes del Centro Occidente de México. *Dugesiana*, 20(2), 73–79.
- Ponce-Saavedra, J. I. Martínez-Rodríguez and A. F. Quijano-Ravell. 2015. Alacranes de importancia médica en la Depresión del Balsas. *Entomología Mexicana* Vol. 2: 66-70.
- Ponce-Saavedra, J. y O. F. Francke.2013. El género *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) y su importancia médica en el estado de Michoacán, México. *Entomología Mexicana*, 2: 811–816. Revisar, deben de escribir los editores
- Ponce-Saavedra, J., Francke, O. F., Cano-Camacho, H. and Hernández-Calderón, E. (2009). Evidencias morfológicas y moleculares que validan como especie a *Centruroides tecomanus* (Scorpiones, Buthidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 71–84.
- Ponce-Saavedra, J., O.F. Francke & H. Suzan. 2006. Actividad superficial y utilización del habitat por *Centruroides balsasensis* (Scorpiones: Buthidae). *Biológicas*, 8: 1-8.

- Prendini, L. (2001) Substratum specialization and speciation in southern African scorpions: the Effect Hypothesis revised. In: Fet, V. & Selden, P.A. (Eds.), *Scorpions 2001*. In Memoriam Gary A. Polis. British Arachnological Society, Burnham Beeches, UK, pp. 113–118.
- Prendini, L. 2005. Scorpion diversity and distribution in southern Africa: Pattern and process. Pp. 25–68, en: Huber, B.A., Sinclair, B.J. & Lampe, K.-H., eds, *African Biodiversity: Molecules, Organisms, Ecosystems*. Proceedings of the 5th International Symposium on Tropical Biology, Museum Alexander Koenig, Bonn. New York: Springer Verlag.
- Prendini, L. 2008. Scorpions of the Brandberg Massif, Namibia: Species Richness Inversely Correlated with Altitude. *African Invertebrates*, 49(2):77-107
- Quijano-Ravell, A. F. & J. Ponce-Saavedra. 2014. Actualización taxonómica y distribución de los alacranes del Estado de Michoacán. *Biológicas*, 16(2): 17–22
- Quijano-Ravell, A. F. y J. Ponce-Saavedra. 2015. Estructura poblacional de *Centruroides ornatus* (Scorpiones: Buthidae) en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán. *Revista Iberica de Aracnología (RIA)*.
- Quijano-Ravell, A.F., O.F. Francke, J. Ponce-Saavedra & M.A. Villaseñor-Ramos. 2012b. Caracterización de las madrigueras de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones: Iuridae) en una localidad de Guerrero, México. *Revista Ibérica de Aracnología*, 20: 45-55.
- 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*. Vol. 19: 133–145.
- Quijano-Ravell, A.F.; J. Ponce-Saavedra & O.F. Francke B. 2012a. Densidad, distribución espacial y biomasa de *Hadrurus gertschi* Soleglad (Scorpiones, Iuridae) en una localidad de Guerrero, México. *Revista Ibérica de Aracnología*, 20: 35-43
- Rein J. O. 2015. Scorpion Files. On line. <http://www.ub.ntnu.no/scorpion-files/scorpionidae.php>. Accesada 1-04-2015.
- Santibáñez-López, C. E. and Ponce-Saavedra, J. (2009). A new species of *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) from the northern mountain range of Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 321–331.

- Santibáñez-López, C. E. y G. A. Contreras-Félix. 2013. Two new species of *Centruroides* Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) from Oaxaca, Mexico. *Zootaxa*, 3734(2): 130–140.
- Shehab A.H., Z.S. Amr & J.A. Lindsell. 2011. Ecology and biology of scorpions in Palmyra, Syria. *Turk J Zool*; 35(3) 333-341.
- Stahnke, H. & M. Calos. 1977. A key to the species of the genus *Centruroides* Marx (Buthidae, Scorpionida). *Entomological News*, 88: 111-120.
- Stahnke, H. 1971. Some observations of the genus *Centruroides* Marx (Buthidae: Scorpionida), and *C. sculpturatus* Ewing. *Ent. News.*, 82:281-307.
- Stahnke, H. L. (1970). Scorpion nomenclature and mensuration. *Entomological News*, 81, 297–316.
- Szilagyi-Zecchin, V.J., A.L. Fernandes, C.L. Castagna & J.C. Voltolini. 2012. Abundance of scorpions *Tityus serrulatus* and *Tityus bahiensis* associated with climate in urban area (Scorpiones, Buthidae). *Indian Journal of Arachnology*, 1(2):15-23.
- Teruel, R., J. Ponce-Saavedra & A. F. Quijano-Ravell. In Press. Redescription of *Centruroides noxius* Hoffmann, 1932 and description of a closely related new species from western Mexico (Scorpiones: Buthidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*,
- Teruel, R., Kovarik, F., Baldazo-Monsivais, J. G. and Hoferek, D. (2015). A new species of *Centruroides* of the "nigrovarius" group (Scorpiones: Buthidae) from southern Mexico. *Revista Ibérica de Aracnología*, 26: 3–14.
- Torres, F. y H. Heatwole. 1976 . Factors influencing behavioral interaction of female parent and offspring in scorpions .*Caribbean J. Sci.*, 7:19-22.
- Towler, W. I., J. Ponce-Saavedra, B. Gantenbein & V. Fet. 2001. Mitochondrial DNA reveals a divergent phylogeny in tropical *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) from Mexico. *Biogeographica*, 77(4): 157-172.
- Vachon, M. (1974) Étude des caractères utilisés pour classer les familles et les genres de scorpions (Arachnides). 1. La trichobothriotaxie en arachnologie, sigles trichobothriaux et types de trichobothriotaxie chez les scorpions. *Bulletin du*

- Vachon, M. (1975) Sur l' utilisation de la trichobothritaxie du bras des pédipalpes des scorpions (Arachnides) dans le classement des genres de la famille des Buthidae Simon. Comptes rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des
- Webber, M.M. and J.A. Rodríguez-Robles. 2013. Reproductive tradeoff limits the predatory efficiency of female Arizona Bark Scorpions, *Centruroides sculpturatus*. BMC Evolutionary Biology, 13: 197.
- Yamaguti H.Y. & Pinto-Da-Rocha R. 2006. Ecology of *Thestylus aurantiurus* of the Parque Estadual da Serra da Cantareira, Sao Paulo, Brazil (Scorpiones, Bothriuridae). J. Arachnol., 34: 214–220.
- Yamashita, T. 2004. Surface activity, biomass, and phenology of striped scorpion, *Centruroides vittatus* (Buthidae) in Arkansas. Euscorpius-Occasional Publications in Scorpiology, 17:25-33.
- Zacarias-Eslava, I. E., G. Cornejo-Tenorio, J. Cortés-Flores, N. GonzálezCastañeda y G. Ibarra-Manríquez. 2011. Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 82: 854-869