



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO**
FACULTAD DE BIOLOGÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

**“ANÁLISIS SISTEMÁTICO DEL COMPLEJO
“INFAMATUS” DEL GÉNERO *Centruroides*
(SCORPIONES: BUTHIDAE) EN MÉXICO”**

TESIS

**Que como requisito parcial para obtener el título
profesional de**

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Presenta:

JOSÉ WILFRIDO LINARES GUILLÉN

Director de tesis: Dr. Javier Ponce Saavedra

Morelia, Michoacán octubre 2021



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	13
2.1 Herramientas morfológicas en la taxonomía	17
2.2 Herramientas morfométricas en la taxonomía	18
2.3 Herramientas moleculares en la taxonomía	19
2.4 Importancia en la salud pública	20
3. HIPÓTESIS	23
4. OBJETIVO GENERAL	23
5. OBJETIVOS PARTICULARES.....	23
6. MATERIALES Y MÉTODOS	24
6.1 Análisis Morfológico	24
6.2 Análisis Molecular	25
6.2.1 Amplificación del gen 16S	28
7. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	32
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
Análisis Morfológico.....	33
Análisis Molecular	78
9. CONCLUSIONES.....	89
10. LITERATURA CITADA.....	90
11. ANEXO	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Género <i>Centruroides</i> Subgrupo infamatus a) <i>C. infamatus</i> de León, Guanajuato; b) <i>C. lauriadnae</i> de Tepache, Sonora; c) <i>C. ornatus</i> de Morelia, Michoacán; d) <i>C. romeroi</i> de “La nieve” Coalcóman, Michoacán; e) <i>C. ruana</i> de “Santa Rita” Felipe Carrillo Puerto, Michoacán; f) <i>C. suffusus</i> El salto, Durango; g) <i>C. vittatus</i> El nogal, Nuevo León.	6
Figura 2. Iconotipo de la descripción original de <i>Tityus infamatus</i> por C.L Koch, se aprecia la morfología de una hembra. Tomada de Die Arachniden, 1845.....	14
Figura 3. Distribución histórica donde se ha registrado <i>C. infamatus</i> en México..	16
Figura 4. Distribución en Michoacán de <i>C. infamatus</i> (blanco) y <i>C. ornatus</i> (negro).	16
Figura 5. Corte longitudinal de patela para obtener el tejido para la extracción de ADN.....	25
Figura 6. Habitus de <i>Centruroides infamatus</i> de León Guanajuato	36
Figura 7. Características Diagnósticas de <i>Centruroides infamatus</i> ,.....	37
Figura 8. Características Diagnósticas de <i>Centruroides infamatus</i>	38
Figura 9. Hemiespermatóforo de <i>Centruroides infamatus</i>	39
Figura 10. Habitus de <i>Centruroides</i> sp. 1 “Sinaloa”	44
Figura 11. Características diagnósticas de <i>Centruroides</i> sp. 1 “Sinaloa”,.....	45
Figura 12. Características diagnósticas de <i>Centruroides</i> sp. 1 “Sinaloa”,.....	46
Figura 13. Hemiespermatóforo de a) <i>Centruroides</i> sp. 1 “Sinaloa” y b) <i>Centruroides infamatus</i> ,	47
Figura 14. Habitus de <i>Centruroides</i> sp. 2 “Nayarit” a	49
Figura 15. Características diagnósticas de <i>Centruroides</i> sp. 2 “Nayarit”,	50
Figura 16. Características diagnósticas de <i>Centruroides</i> sp. 2 “Nayarit”,	51
Figura 17. Hemiespermatóforo de <i>Centruroides</i> sp. 2 “Nayarit”.....	52
Figura 18. Habitus de <i>Centruroides</i> sp. 3 “Jalpa”,.....	57
Figura 19. Características diagnósticas de <i>Centruroides</i> sp. 3 “Jalpa”,	58
Figura 20. Características diagnósticas de <i>Centruroides</i> sp. 3 “Jalpa”,	59
Figura 21. Hemiespermatóforo de <i>Centruroides</i> sp. 3 “Jalpa”,	60
Figura 22. Habitus de <i>Centruroides</i> sp. 4 Michoacán,	65
Figura 23. Características diagnósticas de <i>Centruroides</i> sp. 4 “Michoacán”,	66
Figura 24. Características diagnósticas de <i>Centruroides</i> sp. 4 “Michoacán”,	67
Figura 25. Hemiespermatóforo de <i>Centruroides</i> sp. 4 “Michoacán”,.....	68

Figura 26. Habitus de <i>Centruroides</i> sp. 5 “Aguascalientes”,	74
Figura 27. Características diagnósticas de <i>Centruroides</i> sp. 5 “Aguascalientes” ..	75
Figura 28. Características diagnósticas de <i>Centruroides</i> sp. 5 “Aguascalientes”,	76
Figura 29. Hemiespermatóforo de <i>Centruroides</i> sp. 5 “Aguascalientes”,	77
Figura 30. Reconstrucción filogenética con el método de máxima verosimilitud del subgrupo “infamatus”	86
Figura 31. Reconstrucción filogenética con el método de UPGMA, del subgrupo “infamatus” en los nodos se indican los valores Bootstrap.	87
Figura 32. Reconstrucción filogenética con el método de máxima parsimonia, del subgrupo “infamatus”	88
Figura 35. Quelícero de <i>C. infamatus</i> macho de León Guanajuato,	100
Figura 34. Carapacho de <i>C. infamatus</i> macho.	101
Figura 36. Fémur de macho de <i>C. infamatus</i> de León Guanajuato.	102
Figura 37. Patela de macho de <i>C. infamatus</i> de León Guanajuato.	103
Figura 38. Mano de macho de <i>C. infamatus</i> de León Guanajuato	103
Figura 39. Dedos de la quela de la mano de macho de <i>C. infamatus</i> de León Guanajuato	104
Figura 40. Pata de macho de <i>C. infamatus</i> de León Guanajuato.	104
Figura 41. Mesosoma de macho de <i>C. infamatus</i> de León Guanajuato.	107
Figura 42. Metasoma de macho de <i>C. infamatus</i> de León Guanajuato.	107
Figura 43. Telson de macho de <i>C. infamatus</i> de León Guanajuato.	108
Figura 44. Hemiespermatóforo de macho de <i>C. infamatus</i> de León Guanajuato.	109
Figura 45. Fotografías del hábitat,	111
Figura 46. Fotografías de alacranes <i>in situ</i> ,	112
Figura 47. Mapas de ubicación	113
Figura 49. Mapas de ubicación	115
Figura 50. Mapa de ubicación de <i>Centruroides infamatus</i> circulos; <i>Centruroides</i> sp1 “Sinaloa” triangulos; <i>Centruroides</i> sp2 “Nayarit” rombos; <i>Centruroides</i> sp3 “Jalpa” cuadro; <i>Centruroides</i> sp4 “Michoacán pentagonos; f). <i>Centruroides</i> sp5 “Aguascalientes” hexagono.	116

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Lista de especies de alacranes del género <i>Centruroides</i> , y su distribución estatal.....	2
Cuadro 2. Localidades de procedencia de los ejemplares incluidos para el análisis morfológico.....	26
Cuadro 3. Machos y hembras de las localidades incluidas en este trabajo.....	27
Cuadro 4. Reactivos y concentraciones utilizadas para protocolo de PCR.....	28
Cuadro 5. Condiciones de temperatura y tiempo para amplificación de ADN.....	29
Cuadro 6. Secuencias del gen 16s de <i>C. infamatus</i>	30
Cuadro 7. Proporción largo/alto de los segmentos metasomales I-V de <i>Centruroides</i> sp. 3.....	56
Cuadro 8. Distancias genéticas (p-distance) obtenidas.....	80
Cuadro 9. Distancia genética entre grupos (parte inferior) y desviación estándar (parte superior); valores obtenidos mediante <i>p-distance</i>	83
Cuadro 10. Medidas de los ejemplares de <i>Centruroides infamatus</i> de León Guanajuato.....	110

DEDICATORIA

A mi hijo Sebastián Linares y a mi esposa Paulette Méndez, con todo mi amor para mi pequeña gran familia.

A mis padres, por la persona que hicieron de mi, por su invaluable apoyo y ejemplo, a mis hermanos Juanito, Chris y Mary Guillén.

A los abuelos José Luis Guillén Chamonica, Carmelita Ponce de León y a Don José Linares Avilés, que ya no están en este plano pero influyeron en mi educación y me hicieron creer en mí para llegar hasta donde ahora estoy.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por este gran equipo que somos y que sin su apoyo y comprensión no se hubiera dado este gran paso, Sebas y Pau los amo!

A mis padres y hermanos por su apoyo siempre incondicional, Juanita, Willy, Juanito y Chris, los amo! A mis primos los Linares y los Guillén.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, a la Facultad de Biología, al Programa institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, al Laboratorio de entomología “Biol. Sócrates Cisneros Paz”, al Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, por la oportunidad de continuar con mi formación académica.

Al Dr. Javier Ponce Saavedra, por su paciencia y gran compromiso con mi persona el proyecto y la ciencia en nuestro país.

A mi comité sinodal por compartir su conocimiento, su apoyo y su valioso tiempo, Omar Chassin Noria, Margarita Vargas Sandoval, Ricardo Miguel Pérez Munguía y mi Co asesora Dra. Ana F. Quijano Ravell, por sus siempre acertadas sugerencias; con el corazón ¡Muchas gracias!

Al Dr. Oscar F. Francke Ballvé, por abrirme las puertas de la Colección Nacional de Arácnidos, de la Universidad Autónoma de México, por su apoyo y confianza.

A mis compañeros que me apoyaron en campo Ernestor Oliveros, Mauricio Ramírez, Silvano Montañez, Francisco Morales y Fernanda Chávez.

A mis compañeros de laboratorio por las charlas amenas y el intercambio de conocimientos Juanito piojo Maldonado, Lulú Barriga, Naye Ruíz, JJ Badillo, Liz López, Michelle, Carmina, Constanza Wulschner y Raquel Chávez.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada 732521 y a la Coordinación de la Investigación Científica por el financiamiento para esta investigación.

Y a todas las personas que influyeron en mi vida ¡Muchas gracias!

RESUMEN

El estudio de los escorpiones del género *Centruroides* del complejo “Infamatus” (Scorpiones: Buthidae) incluyó un análisis morfológico se utilizaron 122 machos, 151 hembras y 42 juveniles correspondientes a 17 poblaciones incluidas en el presente estudio, se hizo la diagnosis actualizada de *Centruroides infamatus* tomando la descripción original de Koch (1845), la redescrición como subespecie *C. i. infamatus* de Hoffman (1932) y las aportaciones posteriores a fin de tener una referencia completa sobre los caracteres distintivos de la especie, con la finalidad de tener claridad sobre la delimitación morfológica de la especie, se utilizaron las poblaciones de la región de León Guanajuato y alrededores del municipio como las representantes de *Centruroides infamatus* Koch *sensu stricto*.

Se hizo la comparación directa con las muestras de los machos y hembras de las otras localidades comprendidas en este trabajo; el resultado se presenta como diagnosis de cada una de las poblaciones que por las diferencias observadas se consideraron como probables nuevas especies. De estas poblaciones se extrajo ADN y se utilizó el gen 16S RNAm que se amplificó mediante PCR; se obtuvieron 39 secuencias para el análisis molecular en el presente estudio

Las poblaciones analizadas se pueden diferenciar morfológicamente en cinco grupos, y esta es consistente con la divergencia genética entre las secuencias representativas de cada grupo, además para la reconstrucción filogenética se presentan tres diferentes métodos, en conjunto se presenta evidencia suficiente que sugiere la existencia de cinco nuevas especies más para el subgrupo “infamatus” en México, las cuales deben ser descritas.

Palabras clave: Scorpiones, Centruroides, Sistemática, Linajes, RNAm16s

ABSTRACT

The study of the scorpions of the genus *Centruroides* of the "Infamatus" complex (Scorpiones:Buthidae) included a morphological analysis using 122 males, 151 females and 42 immature corresponding to 17 populations included in the present study, the updated diagnosis of *Centruroides infamatus* was made taking the original description of Koch (1845), the redescription as subspecies *C. i. infamatus* by Hoffman (1932) and later contributions in order to have a complete reference on the distinctive characters of the species, with the purpose of having clarity on the morphological delimitation of the species, the populations of the region of León Guanajuato and surroundings of the municipality were used as the representatives of *Centruroides infamatus* Koch *sensu stricto*.

Direct comparison was made with samples of males and females from the other localities included in this work; the result is presented as a diagnosis of each of the populations that, due to the differences observed, were considered as probable new species. DNA was extracted from these populations and the 16S mRNA gene was amplified by PCR; 39 sequences were obtained for molecular analysis in this study. The populations analyzed can be morphologically differentiated into five groups, and this is consistent with the genetic divergence between the representative sequences of each group. In addition, three different methods are presented for phylogenetic reconstruction, which together provide sufficient evidence to suggest the existence of five new species for the subgroup "infamatus" in Mexico, which should be described.

Key words: Scorpiones, *Centruroides*, Systematics, Lineages, RNAm16s

1. INTRODUCCIÓN

Los alacranes son un grupo de artrópodos (Arachnida: Scorpiones), relativamente pequeño con aproximadamente 2,629 especies descritas a nivel mundial (Rein, 2021); por su importancia médica y biológica se le ha dedicado gran atención. En México se reconocen 307 especies (datos no publicados, Francke, 2019) que representan a las ocho familias reconocidas para Norteamérica, a pesar de que hay muchas áreas geográficas del país que aún no se han trabajado (Ponce-Saavedra *et al.*, 2016).

El género *Centruroides* Marx 1890, perteneciente a la familia Buthidae, se encuentra distribuido desde el sur de los Estados Unidos de Norteamérica, hasta el norte de Sudamérica (Fet y Lowe, 2000), y en México está conformado por 47 especies (Dupre, 2021) (Cuadro 1).

Centruroides infamatus descrito por Koch (1845) se ubica dentro del grupo de alacranes “rayados”, *sensu* Hoffmann (1932). Este grupo a su vez está formado por seis subgrupos de acuerdo con la última propuesta (Ponce-Saavedra y Francke 2019); “elegans”, “infamatus”, “nigrovariatus”, “bertholdii”, “gracilis” y “thorelli”.

C. infamatus se localiza dentro del subgrupo “infamatus” que se caracteriza por incluir animales de talla mediana (40-70 mm) con 7 u 8 hileras de gránulos internos en los dedos de la quela de los pedipalpos, la pigmentación del carapacho es de difusa a intensa y el mesosoma presenta un par de bandas de grosor variable que están separadas por una banda mesal clara (Ponce-Saavedra y Francke, 2019).

El subgrupo se compone por siete especies, *C. infamatus* (C.L. Koch 1845); *C. lauriadnae* Ponce-Saavedra y Francke 2019; *C. ornatus* Pocock, 1902; *C. ruana* Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra, 2016; *C. suffusus* (Pocock, 1902); *C. vittatus* (Say, 1821) y recientemente incluido *C. romeroi* Quijano-Ravell, De Armas, Francke y Ponce-Saavedra, 2019. (Figura 1).

Cuadro 1. Lista de especies de alacranes del género *Centruroides*, y su distribución estatal conocida (Dupre, 2021; Ponce-Saavedra *et al.*, 2016).

Especie	Distribución
<i>C. baergi</i> Hoffmann, 1932	Oaxaca, Puebla
<i>C. balsasensis</i> Ponce-Saavedra y Francke, 2004	Edo México, Guerrero, <u>Michoacán</u> , Morelos, Puebla
<i>C. bertholdii</i> (Thorell, 1876)	Jalisco, <u>Michoacán</u>
<i>C. bonito</i> Quijano-Ravell, Teruel y Ponce-Saavedra, 2016	Guerrero
<i>C. caribbeanus</i> Teruel y Myers, 2017	Quintana Roo
<i>C. chamela</i> Ponce-Saavedra y Francke, 2011	Jalisco
<i>C. chamulaensis</i> Hoffmann, 1932	Chiapas
<i>C. chiapanensis</i> Hoffmann, 1932	Chiapas
<i>C. edwardsii</i> (Gervais, 1843)	Durango, Guerrero, Morelos, Nayarit, Sinaloa
<i>C. elegans</i> (Thorell, 1876)	Colima, Guerrero, Jalisco, Nayarit
<i>C. exilicauda</i> (Wood, 1863)	Baja california, Baja california sur
<i>C. flavopictus</i> (Pocock, 1898)	Oaxaca, Veracruz
<i>C. franckei</i> Santibáñez-López y Contreras-Félix, 2013	Oaxaca
<i>C. fulvipes</i> (Pocock, 1898)	Guerrero, Oaxaca
<i>C. gracilis</i> (Latreille, 1804)	Campeche, Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán
<i>C. hirsutipalpus</i> Ponce-Saavedra y Francke, 2009	Colima
<i>C. hoffmanni</i> Armas, 1996	Chiapas, Oaxaca
<i>C. huichol</i> Teruel, Ponce-Saavedra y Quijano-Ravell, 2015	Nayarit
<i>C. infamatus</i> (C.L. Koch, 1845)	Aguascalientes, Colima, Durango, Guanajuato, Jalisco, <u>Michoacán</u> , Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sinaloa
<i>C. lauriadnae</i> Ponce-Saavedra y Francke, 2019	Sonora
<i>C. limpidus</i> (Karsch, 1879)	Colima, México, Guerrero, Jalisco, <u>Michoacán</u> , Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro
<i>C. mascota</i> Ponce-Saavedra y Francke, 2011	Jalisco
<i>C. meisei</i> Hoffmann, 1939	Guerrero

Cuadro1. Cont.

Especie	Distribución
<i>C. nigrescens</i> (Pocock, 1898)	Guerrero, <u>Michoacán</u> , Oaxaca
<i>C. nigrimanus</i> (Pocock, 1898)	Guerrero, Oaxaca
<i>C. nigrovariatus</i> (Pocock, 1898)	Oaxaca
<i>C. noxius</i> Hoffman, 1932	Jalisco, Nayarit, Sinaloa
<i>C. ochraceus</i> (Pocock, 1898)	Campeche, Quintana Roo, Yucatán
<i>C. orizaba</i> De Armas y Martín-Frías, 2003	Puebla, Veracruz
<i>C. ornatus</i> Pocock, 1902	Guanajuato, Jalisco, <u>Michoacán</u> , Querétaro
<i>C. pallidiceps</i> Pocock, 1902	Sinaloa, Sonora
<i>C. poncei</i> Teruel, Kovarik, Baldazo-Monsivais y Hoferek, 2015	Guerrero
<i>C. possanii</i> González-Santillán, Galán-Sánchez y Valdez-Velázquez, 2019	Colima
<i>C. rileyi</i> Sissom, 1995	San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz
<i>C. rodolfoi</i> Santibáñez-López y Contreras-Félix, 2013	Oaxaca
<i>C. romeroi</i> Quijano-Ravell, De Armas, Francke y Ponce-Saavedra, 2019	<u>Michoacán</u>
<i>C. ruana</i> Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra, 2016	<u>Michoacán</u>
<i>C. schmidti</i> Sissom, 1995	Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Veracruz
<i>C. sculpturatus</i> Ewing, 1928	Sonora
<i>C. serrano</i> Santibáñez-López y Ponce-Saavedra, 2009	Oaxaca
<i>C. sissomi</i> De Armas, 1996	Quintana Roo
<i>C. suffusus</i> Pocock, 1902	Durango, Sinaloa, Zacatecas
<i>C. tapachulaensis</i> Hoffmann, 1932	Chiapas
<i>C. tecomanus</i> Hoffmann, 1932	Colima, Guerrero, Jalisco, <u>Michoacán</u>
<i>C. Tuxtla</i> Armas, 1999	Chiapas
<i>C. villegasi</i> Baldazo-Monsivaiz, Ponce-Saavedra y Flores-Moreno, 2013	Guerrero
<i>C. vittatus</i> (Say, 1821)	Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas

El género *Centruroides* es considerado el de mayor importancia médica en el país, ya que se registran entre 264 mil y un poco más de 319 mil, accidentes por picadura de alacrán al año, según los datos del Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE 2010-2020); aunque de acuerdo con Francke (2019) podría ser más de medio millón anual. Esto es, debido a que las modificaciones ambientales provocadas por las actividades antrópicas les proporcionan diversos refugios que son utilizados como parte de su hábitat (Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra, 2016; Mullen y Sissom, 2019).

Se reconocen 19 especies de importancia para la salud pública en México (Ponce-Saavedra *et al.*, 2016), sin embargo, el estudio más reciente, muestra que al menos 21 especies de escorpiones se consideran peligrosos para el hombre (González-Santillán y Possani 2018). Por esta razón es que principalmente se les ha estudiado desde el punto de vista toxicológico y epidemiológico (Ponce-Saavedra y Francke 2004, Santibáñez-López, *et al.*, 2016), así, por ejemplo, hay trabajos sobre los componentes de los venenos (Ortiz *et al.*, 2015; Santibáñez-López *et al.*, 2016), así como trabajos sobre la DL50 (Riaño-Umbarila *et al.*, 2017).

De acuerdo con Santibáñez-López y colaboradores (2016), en el estudio del veneno de los alacranes mexicanos se han encontrado diferentes componentes, como antimicrobianos, antimalaricos, anticonvulsivos entre otros, de los que resaltan 10 especies del género *Centruroides*, debido al efecto tóxico que produce su picadura sobre los humanos.

Desde el punto de vista epidemiológico, en León Guanajuato entre los años 1971 a 2012, se registraron 274,143 accidentes por picadura de alacrán; de ellos el 57.8 % fueron hombres y el resto mujeres, las personas entre 15 y 24 años son el grupo con mayor incidencia, los menos afectados fueron niños de 1 año o menores; la temporada con mayor frecuencia de picaduras se ubica entre los meses de marzo a junio, ya que este cuatrimestre representa casi el 58% de los casos notificados y el 60% de los accidentes ocurren en la noche. En la década de 1980's, y el índice de mortalidad era del 0.4%; mientras que en la actualidad es inferior al 0.01%,

reducción drástica gracias al empleo del antiveneno de última generación conocido como faboterápico (Chávez-Haro y Ortiz, 2015).

En los estados de Guanajuato, Aguascalientes, Zacatecas, Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Michoacán donde se reconoce la distribución de *C. Infamatus*, esta podría ser una de las especies responsable de la alta incidencia en accidentes por picadura de alacrán (Ponce-Saavedra *et al.*, 2016; Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra, 2016a; González-Santillán y Possani, 2018).

Sin embargo, hay lagunas de conocimiento en cuanto a su diversidad, distribución y factores asociados a la misma (Ponce-Saavedra y Francke, 2004; Quijano-Ravell *et al.*, 2010; Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra, 2015; Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra, 2016).

Desde el punto de vista taxonómico, algunas especies del género *Centruroides* aún presentan complicaciones que pueden derivar en errores en su determinación, y por consecuencia, se pueden llegar a considerar a varias posibles especies como la misma identidad taxonómica, y con ello derivar en errores en los patrones de distribución (Ponce-Saavedra, *et al.*, 1999; Ponce-Saavedra, *et al.*, 2009). Esto se refleja en la existencia de listados diferentes sobre las mismas regiones geográficas.

Otra complicación en el género es la existencia de especies crípticas (Ponce-Saavedra, *et al.*, 2009; Miller *et al.*, 2014), lo que genera la presencia de complejos de especies que comparten una amplia distribución y que requieren de clarificar cuáles son las especies que les componen (Towler *et al.*, 2001; Ponce-Saavedra y Francke, 2004; Ponce-Saavedra *et al.*, 2015).

Los complejos, son grupos de especies morfológicamente muy similares, además de compartir una amplia distribución (Ponce-Saavedra, *et al.*, 2009; Ponce-Saavedra *et al.*, 2015), tal es el caso del complejo *Centruroides anchorellus*, en Cuba, que está formado por *C. anchorellus* y *C. baracoae*, en el que las poblaciones cuando son simpátricas son fácilmente distinguibles, además de tener micro hábitats específicos, mientras que, cuando las poblaciones se encuentran en el límite de su distribución, ambas especies son morfológicamente difíciles de

distinguir, aunque *C. baracoae* es más abundante en montaña y pastizales, mientras que *C. anchorellus* tiene una distribución costera (Teruel 2000).

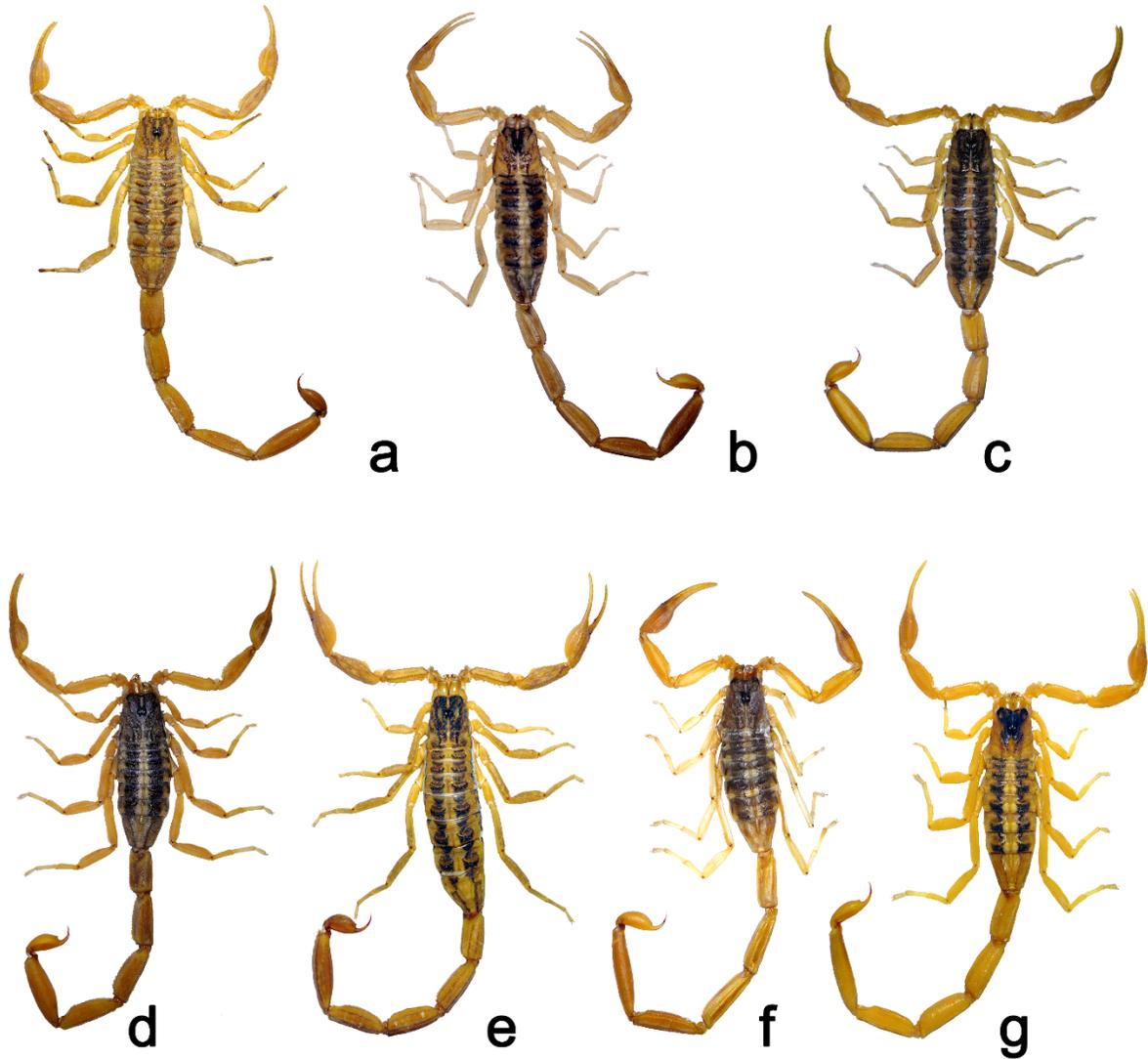


Figura 1. Género *Centruroides* Subgrupo infamatus a) *C. infamatus* de León, Guanajuato; b) *C. lauriadnae* de Tepache, Sonora; c) *C. ornatus* de Morelia, Michoacán; d) *C. romeroi* de “La nieve” Coalcóman, Michoacán; e) *C. ruana* de “Santa Rita” Felipe Carrilo Puerto, Michoacán; f) *C. suffusus* El salto, Durango; g) *C. vittatus* El nogal, Nuevo León.

A medida que se intensifica el esfuerzo taxonómico incorporando métodos morfométricos y moleculares la situación de diferentes complejos e identificación de especies crípticas, ha permitido clarificar la situación de algunos complejos, generando lo que actualmente se conoce como taxonomía integrativa (Ponce-Saavedra y Francke, 2004; Santibáñez-López y Ponce-Saavedra, 2009; Ortiz y Francke, 2016; Quijano-Ravell *et al.*, 2019; Valdez-Mondragón *et al.*, 2019).

Algunos ejemplos del uso de evidencias adicionales a las morfológicas son: la divergencia genética entre *C. sculpturatus* y *C. exilicauda*, que habían sido sinonimizadas por Williams (1980). Se presentó evidencia molecular que sugiere la existencia de tres taxones distintos, uno formado por las poblaciones peninsulares de Juncalito, Miraflores y Cabo San Lucas del estado de Baja California Sur y uno más Baja California Norte que incluye a poblaciones de Bahía de los Ángeles, San Quintín y San Ignacio; además de la especie continental *C. sculpturatus* representada por poblaciones en Sonora y Arizona (Gantenbein *et al.*, 2001).

C. balsasensis se describe a partir de un estudio de alacranes de la Cuenca del Balsas en Michoacán, Guerrero y México, población que era identificada como *C. limpidus tecomanus* cuando en los ejemplares se observaba tubérculo subaculear desarrollado y a *C. limpidus limpidus* cuando el tubérculo subaculear se observaba reducido; estas especies pertenecen al grupo de alacranes rayados y son muy parecidas morfológicamente, además en algunas localidades son simpátricas, por lo que requirió un análisis morfológico entre las poblaciones de alacranes de la Cuenca, así como el apoyo de morfometría, ambas evidencias permitieron caracterizar a la nueva especie y con ello corregir las identificaciones erróneas que de *C. I tecomanus* como especie simpátrica de *C. I limpidus*, también se delimitó la distribución de *C. I tecomanus* a la costa de Michoacán y Colima, y a *C. I limpidus*, en zonas limítrofes de la Cuenca del Balsas hacia el noreste y centro así como en áreas montañosas de Guerrero (Ponce-Saavedra y Francke, 2004).

En esta línea de trabajo, posteriormente se hizo uso de herramientas morfológicas y moleculares, se analizaron las poblaciones de las subespecies *C. I limpidus*, *C. I tecomanus* y *C. balsasensis*, por sus escasas diferencias morfológicas y

encontrarse geográficamente cercanas entre si, se incluyeron comparaciones morfológicas y morfométricas, que se complementaron para caracterizar los tres taxones, apoyado además del análisis molecular, que arrojó divergencia genética entre las tres especies por lo que permitió aclarar el estatus específico de *Centruroides tecomanus*, así como el acto nomenclatural de eliminar el trinomio que componía el nombre de la subespecie, por el binomio que corresponde a la especie, seguida del nombre del autor. Se presenta además la redescrición la especie (Ponce-Saavedra *et al.*, 2009).

Ese mismo año se describe a *C. serrano* de Villa Alta, municipio de San Andrés Solaga, Oaxaca; muy similar a *C. nigrovariatus*, *C. baergi* y *C. Hoffmanni*, fue necesario hacer una comparación morfológica entre estas, y con apoyo de análisis morfométricos, permitió separar a estas cuatro especies; *C. serrano* se encuentra en el subgrupo “nigrovariatus” (Santibáñez-López y Ponce-Saavedra, 2009).

Actualmente en este mismo subgrupo se ubica a *C. villegasi* que se describió del municipio de Chilapa de Álvarez, Guerrero, fue necesario comparar con *C. balsasensis*, *C. limpidus*, *C. meisei* y *C. tecomanus*, del grupo de alacranes “rayados” por su similitud morfológica, además de habitar la misma zona geográfica del país; en este estudio se presentó evidencia morfológica y morfométrica que contribuyó para validar como nueva especie a *C. villegasi* (Baldazo-Monsivaiz *et al.*, 2013).

Del subgrupo “infamatus” que se encuentra formado por siete especies, cuatro de ellas tienen distribución en el estado de Michoacán; de acuerdo con Quijano-Ravell (2015), se estudió las poblaciones determinadas como *C. ornatus*, por sus escasas diferencias y habitar en la misma región fisiográfica, se compararon morfológicamente cada una de ellas y con apoyo de análisis morfométricos, se logró determinar la presencia de seis taxones distintos a *C. ornatus*, cuatro de ellas se ubican en el estado de Jalisco y dos en el estado de Michoacán; se presentó una redescrición detallada de la especie además de la actualización de su distribución.

En este mismo grupo se ubica a *C. infamatus* que se aborda en este estudio, además de dos especies que recientemente se han descrito; con apoyo de

herramientas morfológicas y morfométricas se describió a *C. ruana* de Felipe Carrillo Puerto en el municipio de Apatzingán, en este caso la especie es muy similar morfológicamente a otras especies que se distribuyen en la misma región del estado, por lo que requirió de una comparación morfológica con *C. balsasensis*, *C. infamatus* y *C. limpidus*, además del análisis morfométrico, que permitió la separación de los cuatro taxones (Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra, 2016).

Del mismo subgrupo se describió a *C. romeroi* de la Nieve, municipio de Coalcomán de Vázquez Pallares en Michoacán, esta especie en su aspecto general es muy semejante a *C. ruana*, *C. infamatus* y *C. ornatus*, la comparación entre estas, arrojó caracteres morfológicos que ayudaron a caracterizar esta nueva especie, mientras que la evidencia molecular demostró una divergencia genética del 5.07%, 4.67% y 10% respectivamente con las especies conocidas, evidencias suficientes que apoyaron la validez específica de la población de Coalcomán (Quijano-Ravell *et al.*, 2019). Otros trabajos relevantes permiten conocer detalladamente a los escorpiones mexicanos y que se apoyaron en el uso de alguna de las herramientas antes mencionadas, son por ejemplo la redescrición de *C. ornatus* (Ponce-Saavedra *et al.*, 2015), la redescrición de *C. noxius* y la descripción de *C. huichol* en Nayarit (Teruel *et al.*, 2015).

En otras familias de escorpiones mexicanos, también se han hecho análisis de complejos de especies, por ejemplo en la Familia Vaejovidae, es el caso de los *Vaejovis* de Oaxaca del grupo “mexicanus” que se caracteriza por tener el segmento metasomal I y II con quillas granulares bien desarrolladas, seis hileras de dientes en el dedo fijo de la quela, el espermatóforo carece de tapón de apareamiento esclerotizado, este trabajo presentó un análisis morfológico de las poblaciones de este grupo, este presentó evidencia suficiente para delimitar cuatro nuevas especies, además del criterio biogeográfico del estado, se describen dos de ellas de la Sierra Madre Oriental, una de la Mixteca y una más de la Sierra Madre del Sur (Santibáñez-López y Francke, 2010).

El análisis de este grupo continuo a nivel nacional, con la contribución de caracteres diagnósticos, el tercer ojo lateral esta reducido a la mitad, respecto al uno y dos,

presencia de entre 8 a 22 setas en el esternito VII, quillas con mayor a menor desarrollo en los segmentos metasomales IV y V, fémur del pedipalpo con la superficie dorsal siempre plana, ortobotriotaxia tipo “C” y siempre más corto que el carapacho, entre otras proporciones que permiten delimitar a las especies que forman parte del grupo, además de encontrarse restringido a zonas altas de México, entre 1800 hasta los 2700 msnm. La revisión permitió describir cinco nuevas especies: *Vaejovis ceboruco* del volcán Ceboruco, Municipio de Jala, Nayarit; *Vaejovis nanchititla* del Parque Estatal Sierra de Nanchititla, del Estado de México. *Vaejovis santibanezi* del Ejido Ahuacapan, Municipio de Autlán de Navarro; *Vaejovis talpa*, del Municipio Talpa de Allende y *Vaejovis tapalpa* de Los Espinos, Municipio Tapalpa, Jalisco. Se presenta las redescriptiones de *Vaejovis nigrofemoratus* Hendrixson y Sissom, 2001; *Vaejovis pusillus* Pocock, 1902; *Vaejovis tesselatus* Hendrixson y Sissom, 2001. Se incluyen tres especies al grupo “mexicanus”, y 16 se transfieren al grupo “vorhiesi”. Otras 9 se reubicaron en los géneros *Konetontli*, *Pseudouroctonus*, cinco y cuatro respectivamente (Contreras-Félix y Francke, 2019).

El análisis de los vaejóvidos del complejo “Pusillus” que se ubica dentro del grupo “mexicanus” se distribuye en el Estado de México, Guanajuato, Guerrero y Michoacán, se hicieron análisis morfológicos y morfométricos a machos y hembras de las diferentes poblaciones, que permitieron identificar y caracterizar ocho taxones independientes, además se incluyó un análisis molecular que demostró divergencia genética entre ellas, por lo que se determinó 8 poblaciones distintas, *Vaejovis morelia*, del sur de la capital del estado de Michoacán, cuatro más correspondientes al mismo estado pero de los municipios de Hidalgo, Zitácuaro, Salvador Escalante y Uruapan; tres más, una del municipio de Amantepec, otra de Valle de Bravo y una más de Nanchititla en el Estado de México; se demostró evidencia suficiente para considerarlas a cada una como nuevas especies (Miranda-López, 2012).

De la familia Syntropinae, de acuerdo con Gonzáles-Santillán y Prendini (2013), presentan una revisión genérica de los vaejóvidos endémicos de Norte América, se incluyó un análisis filogenético, simultáneo con un análisis morfológico, que dio

como resultado nuevos arreglos dentro de la subfamilia, la tribu Stahnkeini se elimina de la subfamilia, la tribu Thorelliina se suprime bajo Paravaejovini; se describen seis nuevos géneros: *Balsateres*, *Chihuahuanus*, *Konetontli*, *Maaykuyak*, *Mesomexovis*, *Vizcaino*; cuatro especies, anteriormente situadas en *Kochius*, se transfieren a *Chihuahuanus*, cuatro más a *Mesomexovis*; cuatro subespecies de *Kochius*, son elevadas a especies; se sinonimizan a tres subespecies bajo *Mesomexovis spadix* (Hoffmann, 1931).

Se estudió a los vaejovidos mexicanos con tubérculo subaculear de Norte América, en este grupo se encuentran a los escorpiones más pequeños de la familia, son animales con coloración criptica además de ser muy raros; derivado de un análisis morfológico, se describe *Konetontli ignes*, *Konetontli juxtlahuaca* y *Konetontli migrus* de Guerrero y a *Konetontli ilitchi* de Colima, se revalida a *Konetontli zihuatanejensis* (Baldazo-Monsivaiz, 2003), que había sido sinonimizado con *Konetontli acapulco* (De Armas y Martín-Frías, 2001); se describió a la hembra de *Konetontli nayarit* (De Armas y Martín-Frías, 2001) se presenta la distribución actualizada para cada especie (González-Santillán y Prendini, 2015).

Se revisó una parte del grupo “*Kochius*” de vaejovidos Norte Americanos, con apoyo de morfometría y morfología arrojó como resultado la descripción de tres nuevas especies: *Thorellius tekواني* del estado de México, Guerrero y Michoacán; *Thorellius wixarika* de Jalisco y Nayarit; *Thorellius yuyuawi* de Jalisco, se presenta la redescipción de *Thorellius cristimanus* (Pocock, 1898) y *Thorellius intrepidus* (Thorell, 1876), se asigna la localidad tipo para estas especies, se sinonimizó a *Vaejovis intrepidus atrox* Hoffmann, 1931, con *T. cristimanus*, basándose en el examen del material tipo; se presentan mapas de distribución actualizada de las especies que se incluyeron en esta contribución (González-Santillán y Prendini, 2018).

Otra familia de escorpiones mexicanos que se han estudiado, es Diplocentridae, esta familia presenta considerable variación morfológica entre especies, en este estudio se analizaron 29 especies del género *Diplocentrus* de Norte América, con herramientas morfológicas y el uso de cinco marcadores moleculares, se logró

delimitar tres grupos: “zacatecanus”, “keyserlingii”, “mexicanus”, con cuatro, siete y 16 especies respectivamente, dos especies mexicanas comprobaron su monofilia que forman el género *Kolotl*, este se ubica dentro de la misma familia, y se distingue morfológicamente de los otros diplocéntridos por tener el mismo desarrollo de los dientes: distal, subdistal y medio, del dedo móvil de los quelíceros; las hileras de prolaterales y mediana de dientecillos, de los dedos de la quela del pedipalpo están bien definidas hasta la parte posterior y son continuas, no están interrumpidas por dentículos mayores. (Santibáñez-López *et al.*, 2014).

El presente trabajo permitirá establecer si los registros de *C. infamatus* en los diferentes estados de la República Mexicana corresponden a una misma identidad taxonómica o se trata de un complejo de especies.

2. ANTECEDENTES

La familia Buthidae es la más grande a nivel mundial con 95 géneros, uno de ellos extinto y 1,266 especies; se encuentra distribuida en casi todo el mundo en hábitats tropicales, y templados, excepto la Antártida y Nueva Zelanda (Rein, 2021); en el Continente Americano la integran 15 géneros y 501 especies (Dupre, 2021). El género *Centruroides* es nativo del nuevo mundo y se encuentra formado por 94 especies de las cuales 47 habitan en México (Dupre, 2021).

La primera especie de alacrán descrita para México fue *Vaejovis mexicanus* en 1836 por C.L. Koch (Ponce Saavedra y Beutelspacher, 2001). El mismo autor para 1845 describe a *Tityus infamatus*, incluyendo características generales y proporciones corporales, conteo pectinal de 21 y detalles de quillas, especialmente en el metasoma, mencionando también una coloración amarillo ocre y un moteado marrón en las patas; no precisa la localidad tipo y se encuentra desaparecido el material con el que se describió la especie, en la descripción original ilustra a una hembra (Figura2).

Kraepelin (1899), ubicó a la especie dentro del género *Centrurus* y lo propone como una variación de *C. nigrovariatus*; mientras que Pocock (1902), lo incluye con varias especies más, bajo el nombre de *Centruroides elegans* Thorell; posteriormente Hoffman (1932) es quien lo nombra como el “alacrán de Michoacán” y afirma que en este estado hay poblaciones con las características típicas de la especie, muy semejantes a la descripción original; lo ubica en México con una amplia distribución y en la redescipción menciona características más precisas para la especie respecto a las mencionadas por Koch (1845), las que posteriormente retoma Hoffmann (1932), quién menciona además que presenta variación en la pigmentación del carapacho y las fajas mesosomales oscuras. También propone que *Centruroides infamatus* contenga la subespecie *C. i infamatus* diferenciándolo de la subespecie *C. i ornatus* que Pocock había propuesto como especie en 1902, Hofmman (1932) propuso las siguientes características distintivas: animales más grandes, las fajas mesosomales negras del mismo ancho o más, que las fajas claras, conteo pectinal 23 a 25 en machos y 21 a 23 en hembras. De acuerdo con Ponce-Saavedra y colaboradores (1999), presentan características morfométricas,

que permiten separar las poblaciones que incluyen a los animales más grandes con las características más semejantes a las de *C. i infamatus* con respecto a la subespecie *C. i ornatus*, se muestran conteos pectinales más bajos en machos de *C.i ornatus* y ligeramente más altos en las poblaciones identificadas como *C. i infamatus*.



Figura 2. Iconotipo de la descripción original de *Tityus infamatus* por C.L Koch, se aprecia la morfología de una hembra. Tomada de Die Arachniden, 1845

La distribución de *Centruroides infamatus* incluye poblaciones en varios estados como Michoacán, Guanajuato, Querétaro y parte de Jalisco (Ponce-Saavedra *et al.*, 1999; Fet *et al.*, 2000; Beutelspacher, 2000; Ponce-Saavedra *et al.*, 2016, González-Santillán y Possani, 2018); aunque históricamente también se ha reportado en otros

estados como Nayarit, Aguascalientes y Zacatecas (Fet *et al.*, 2000; Ponce-Saavedra *et al.*, 2016, González-Santillán y Possani, 2018). De acuerdo a los datos de los ejemplares depositados en las colecciones esta especie tiene preferencia por cotas altitudinales por arriba de los 1500 msnm.

En la literatura también se reporta en Colima (González-Santillán *et al.*, 2019), Sinaloa (Beutelspacher, 2000) y Jalapa, Veracruz (Hoffmann, 1932); sin embargo, Beutelspacher (2000) no aceptan su existencia en esta zona. Díaz Nájera (1964), lo reporta en los bajos de Chila y Puerto Escondido, Oaxaca, pero se desconoce la ubicación de estos ejemplares.

Posteriormente Armas y Martín-Frías (2008) ubican la especie nuevamente en Veracruz con sólo cuatro ejemplares, dos de ellos dañados, de los cuales se desconoce dónde se encuentran depositados, por lo que esta información no se ha corroborado en colección ni en campo, sin embargo, recientemente González-Santillán y Possani (2018) dudan de la existencia de la especie en Veracruz.

Ponce-Saavedra y Francke (2016) registran a *C. infamatus* en el estado de Querétaro cerca de cerro “El Zamorano” a 6 km al Norte, en el municipio de Colón; también 2 km al norte de Santa Rosa de Jauregui y dos localidades más cercanas a la ciudad capital, 2km al este del centro de la ciudad y 5 Km al sureste de la misma. (Figura 3).

En el estado de Michoacán se distribuye en los municipios de Los Reyes, Peribán, Tocumbo, en las localidades de Zumpimito, Tejerías, Presa de Matanguaran, Presa Caltzontzin, Parque Nacional Barranca de Cupatitzío, Palito Verde y el Cerro de la Cruz en Uruapan, en algunas localidades tiene distribución muy cercana con *C. ornatus*, su pariente más cercano, aunque recientemente se ha aclarado que se extiende en el altiplano central de la Faja Volcánica Transversal, a lo largo de la parte norte de los estados de Michoacán y las partes adyacentes de Jalisco y el sur de Guanajuato (Figura 4).

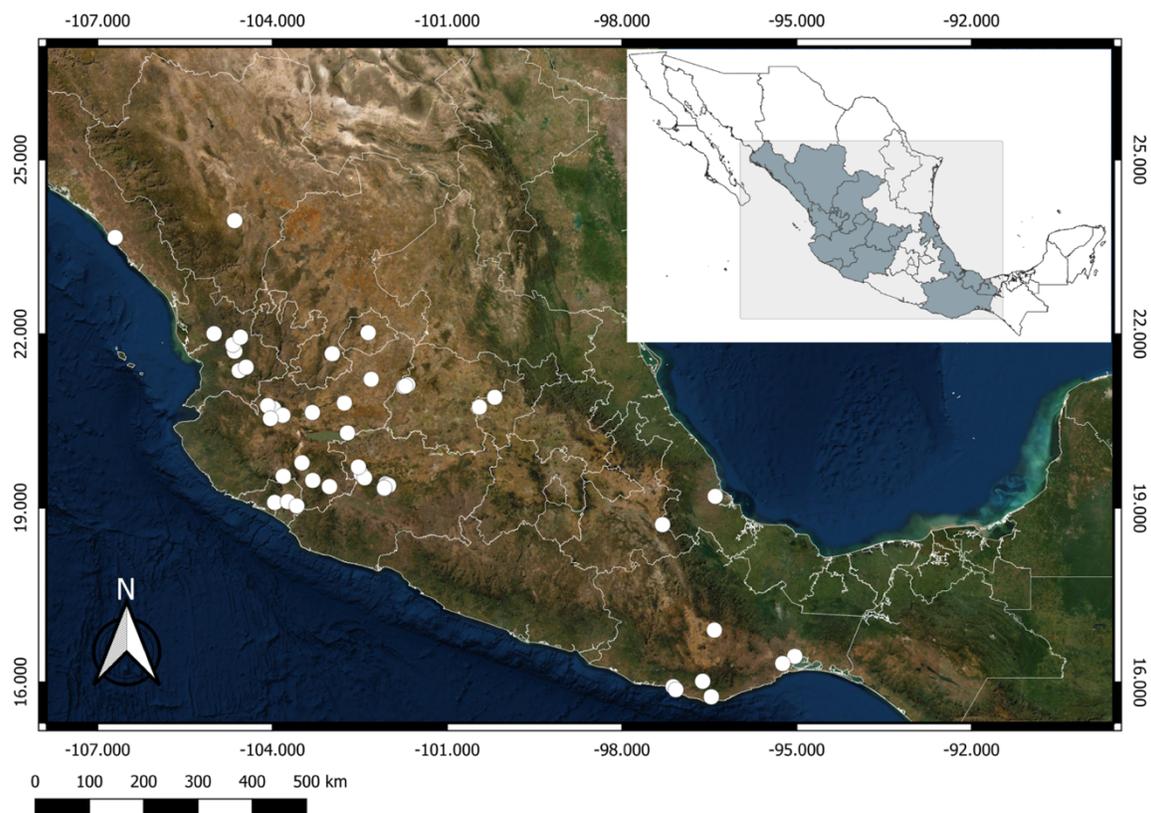


Figura 3. Distribución histórica donde se ha registrado *C. infamatus* en México.

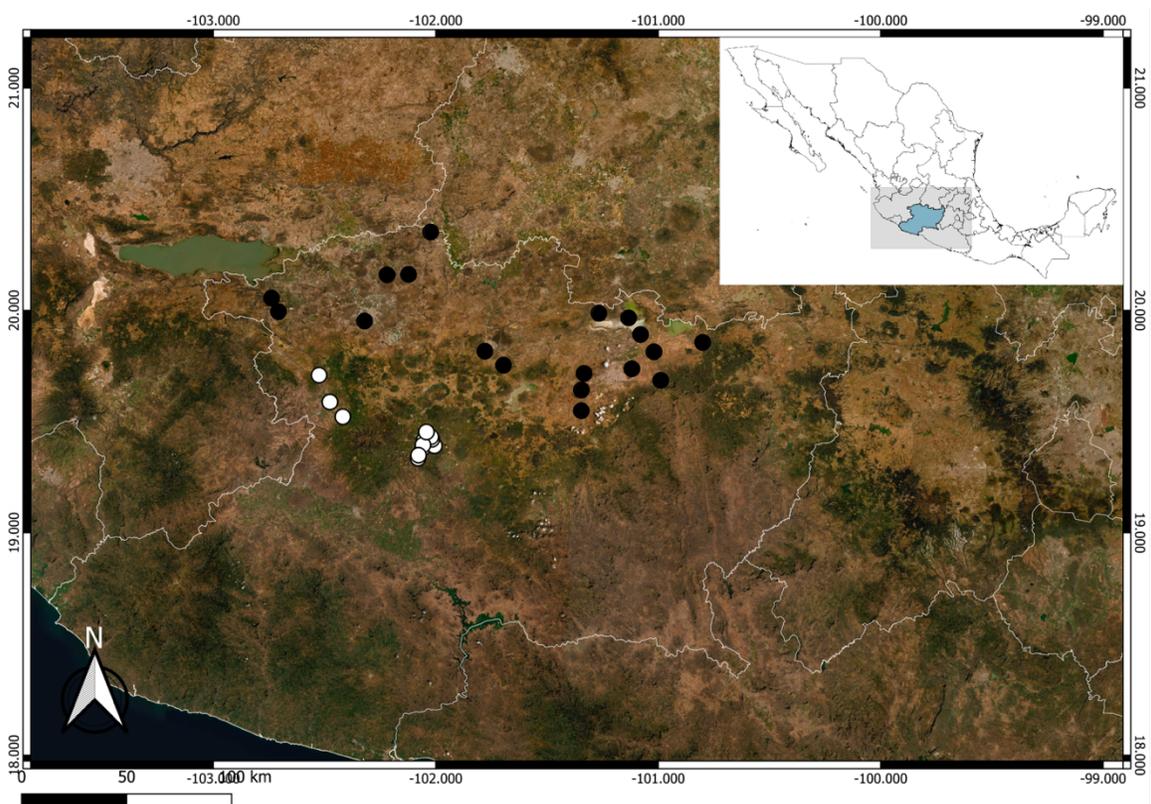


Figura 4. Distribución en Michoacán de *C. infamatus* (blanco) y *C. ornatus* (negro).

2.1 Herramientas morfológicas en la taxonomía

La presencia de especies crípticas en escorpiones ha causado problemas en la taxonomía y la distribución de especies debido a la similitud de caracteres morfológicos (Miller *et al.*, 2014). Esta escasa diferencia puede traer consigo una errónea identificación o la inclusión de uno o más taxones dentro de una especie (Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra, 2014).

Para tratar de entender la complejidad del género *Centruroides*, Hoffman (1932) sugiere el criterio del uso de la distribución geográfica para separar las especies y subespecie, además incluye el uso del color, como un carácter que debe considerarse como un criterio para la creación de “grupos” que comparten características de pigmentación similares, separando a las especies en “rayadas” y “no rayadas”.

Posteriormente, surgieron varias propuestas que en consenso diagnosticaron cuatro grupos, “gracilis”, “bertholdii”, “thorelli” y permaneció el grupo de los “rayados” (González-Santillán, 2001; Ponce-Saavedra y Moreno-Barajas, 2005 Ponce-Saavedra y Francke, 2011)

En el grupo “rayados” también han surgido varias propuestas que consideran para su agrupación, por el patrón de la pigmentación del carapacho, la más reciente, presenta una división de tres subgrupos “elegans”, “infamatus” y “nigrovariatus”, adicionalmente a los ya aceptados (Ponce-Saavedra y Francke, 2019).

Stahnke (1970) propone usar las medidas de los segmentos corporales de los escorpiones; largo y ancho de cada segmento de todo el cuerpo, así como quillas y gránulos y además hace una recopilación de la diferente nomenclatura utilizada hasta ese entonces, presentando una propuesta de equivalencias en diferentes idiomas, que permite homogenizar el uso de los términos que se utilizan para el trabajo taxonómico en alacranes.

El uso de más caracteres en estos análisis, ha proporcionado resultados positivos para el estudio de la escorpionfauna, Prendini (2000) en la descripción de

Parabuthus capensis sugiere continuar con la propuesta de Hjelle (1990) en la segmentación de patas y la de Sissom (1990) con respecto a los pedipalpos; además de tomar en cuenta los términos propuestos por Francke (1977) en las quillas de los segmentos metasomales; también la propuesta de nueve quillas de la mano, de Acosta y colaboradores (2008) en la descripción de *Zabius gaucho* ya que sus quillas están bien desarrolladas y son fáciles de identificar y que de esta manera, los términos sean homogéneos.

2.2 Herramientas morfométricas en la taxonomía

La morfometría, es una rama de la biología encargada de caracterizar la forma de los organismos y cuantificar su variación morfológica (Bookstein, 1997). Esta herramienta ha sido usada por los científicos durante siglos, considerando los largos, anchos o distancias como apoyo en la comprensión de la variación morfológica de los individuos en la naturaleza (Straus y Bookstein, 1982).

En la década de los 1980's se incluyen metodologías en las que se incorporan medidas lineales, pero surgió el problema que no capturaban toda la información y es entonces que se incluyen figuras geométricas, para estudiar la "forma" (Marcus, 1990). Posteriormente se incluyen los análisis multivariados ya que el uso de la forma no podía ser considerada como la única variable en un estudio en un análisis morfológico (Rohlf y Bookstein, 1990,).

El uso de estas herramientas ha permitido a lo largo de la historia, una mejor interpretación, comprensión y comunicación de los resultados de las investigaciones científicas (Benítez y Püschel, 2014)

En el estudio de escorpiones se incorporaron herramientas de análisis estadístico univariado y multivariado han demostrado ser de gran utilidad para resolver estatus taxonómicos de varias especies crípticas (Miranda *et al.*, 2001; Ponce-Saavedra y Francke 2004, Ponce-Saavedra *et al.*, 2009)

2.3 Herramientas moleculares en la taxonomía

Recientemente se han incorporado técnicas moleculares para resolver problemas taxonómicos en escorpiones a nivel mundial. En el género *Centruroides* se han tomado como referencia los trabajos de Fet *et al.*, (1999) y Gantenbein *et al.*, (1999) que proponen el uso de la secuencia 16S del RNA ribosomal para apoyar a los análisis taxonómicos, sistemáticos y biogeográficos.

A partir de entonces se ha incluido el uso de diferentes fragmentos de genes para dar soporte a los estudios morfológicos y morfométricos, que han permitido observar la divergencia genética entre especies (Gantenbein *et al.*, 2000; Fet *et al.*, 2001; Gantenbein *et al.*, 2001; Towler *et al.*, 2001; Miranda-López, 2001; Fet *et al.*, 2003; Jacob, 2004; Ponce-Saavedra *et al.*, 2004; Ponce-Saavedra *et al.*, 2009; Miller *et al.*, 2014 y Talal *et al.*, 2015, entre otros).

Para estudios biogeográficos se ha implementado el uso de fragmentos de genes (COI, 12S, 16S, 18S y 28S); estos han permitido proponer teorías de la diversificación de escorpiones a partir de la reconstrucción de modelos de distribución de especies de la familia Buthidae (Esposito y Prendini, 2019).

De acuerdo con Boore y Brown (1998), el uso de estos marcadores moleculares ha sido una gran herramienta en la sistemática, ya que son fragmentos genéticos confiables, que se han conservado a través de largos periodos de evolución, derivados de un ancestro en común, y no de la variación por selección. La elección de uno o varios de estos fragmentos es considerada como la mejor manera para estimar directamente estas variaciones genéticas, se debe considerar el nivel categórico que se analizará, si el fragmento ya fue probado y se obtuvo resultados favorables, (Hwang y Kim, 1999).

Se sugiere integrar varias herramientas, para tener mayor nivel de confianza al momento de delimitar a las especies (Valdez-Mondragón *et al.*, 2019).

2.4 Importancia en la salud pública

Los alacranes usan su veneno para capturar sus presas o defenderse de sus depredadores naturales (Polis 1990). *Centruroides infamatus* es considerada una especie de importancia médica en México (Hoffmann, 1932 y Keegan, 1980) mientras que otros autores le ubican como una especie de importancia para la salud pública debido a su alta morbilidad y potencial capacidad de provocar la muerte de las personas. (Ponce-Saavedra *et al.*, 2016; Santibañez-López *et al.*, 2016; González-Santillán y Possani, 2018 y Ponce-Saavedra y Francke, 2019; Contreras-Félix *et al.*, 2020).

A nivel nacional *C. infamatus* se encuentra dentro de las 19 especies que se sabe que pueden causar la muerte en humanos (Goddard, 2013; Ponce-Saavedra *et al.*, 2016; Santibañez-López *et al.*, 2016; González-Santillán y Possani, 2018 y Ponce-Saavedra y Francke, 2019). En México la tasa de mortalidad por picadura de alacrán es de 0.03 por cada cien mil habitantes; con más de seis mil decesos en los últimos 30 años. El alacranismo se ubica como la sexta causa de mortalidad en niños menores de 14 años (SINAVE, 2017)

De acuerdo con Castillo-Pérez y colaboradores (2002), en la ciudad de Guanajuato, se registran más de diez mil picaduras de alacrán al año, por lo que la tasa de incidencia es de 109/10,000 habitantes (número de picados/población), la mayoría de las personas afectadas tienen entre 20 y 30 años, el mes con mayor frecuencia de pacientes atendidos es en mayo. Este comportamiento es similar a partir del 2000, sin embargo, la tasa de mortalidad ha disminuido considerablemente (Castillo-Pérez *et al.*, 2007).

En la ciudad de Aguascalientes se registran más de 3500 accidentes por picadura de alacrán al año, con una tasa de mortalidad del 0.20 por cada 100 mil habitantes, de los cuales el sector más vulnerable oscila entre los 15 y 44 años, este padecimiento se ubica en el quinto lugar en consultas en el servicio de salud (Ledesma-Espinoza, 2013).

De acuerdo con el último reporte actualizado de la Secretaría de Salud, los niños son el sector de la población más vulnerable, en Nayarit y Sinaloa la tasa de

mortalidad por intoxicación de accidentes causados por picaduras de alacrán es de 0.1 (1.2%), por cada 100 mil habitantes, con más de 13 mil casos anuales, se considera la sexta y octava causa de muerte respectivamente (SINAVE, 2020).

En primer lugar, a nivel nacional por la tasa de mortalidad, se ubica el estado de Jalisco con el (1.5%) de mortalidad, por cada 100 000 habitantes, con más 43 mil accidentes al año, los infantes de menos de 14 años son el sector más afectado, el 51% de los casos son en hombres (SINAVE, 2020).

En el estado de Michoacán se registran más de 26 mil accidentes por picadura de alacrán al año, la tasa de mortalidad es de 0.02 por cada cien mil habitantes (0.5%), se ubica como la causa de muerte número doce en el estado, siendo los menores de un año el grupo más vulnerable (SINAVE, 2020).

En Querétaro el 53% de casos por picadura de alacrán, es en mujeres, la tasa de mortalidad es de (0.1 %) 0.01 por cada 100 mil habitantes, y se ubica como la causa de mortalidad número 14 para el estado. En otros estados donde se ha reportado la distribución de *C. Infamatus*, como Colima, Veracruz y Zacatecas no figura dentro de las causas de mortalidad sujetas a vigilancia epidemiológica (SINAVE, 2020).

Como un esfuerzo para erradicar las prácticas empíricas en nuestro país y promoviendo el uso del suero antialacrán como tratamiento adecuado para pacientes afectados por picaduras, el 23 de noviembre de 2011 entró en vigor la Norma Oficial Mexicana NOM-033-Ssa2-2011, para tener un mejor control sobre los casos de las personas afectadas (Aguirre-Quezada, 2015).

Esta norma, tiene como objetivo establecer los lineamientos, criterios y actividades para la vigilancia epidemiológica, desde el registro correcto del paciente, hasta reporte, notificación y rectificación en casos de defunción; la toma de medidas y estrategias, tanto individuales y colectivas en cuestión de prevención, como la revisión de ropa y calzado previo a su uso, así como limpieza de casa, patio, muebles y accesorios; para control se sugiere el uso de piretroides y carbamatos, aplicados por profesionales, con el fin de controlar las poblaciones de alacranes; en lo relativo al diagnóstico oportuno y tratamiento adecuado se debe evaluar el grado de intoxicación, en todos los casos el primer paso es la aplicación del faboterápico

y monitoreo de signos vitales, si no se observa evolución en los primeros 20 minutos se debe aplicar otra dosis; en casos graves se recomienda el uso de hasta 10 ámpulas, en infantes menores de cinco años la administración intravenosa debe ser inmediata. La aplicación de la norma oficial es obligatoria en todo el territorio nacional para el personal de salud de los sectores público, social y privado que conforman el Sistema de Servicios de Salud (Secretaría de Salud, 2011).

3. HIPÓTESIS

La amplia distribución conocida para *Centruroides infamatus*, se debe a que con la misma identidad taxonómica se están incluyendo poblaciones que corresponden a dos o más taxones específicos.

4. OBJETIVO GENERAL

Determinar si en la identidad taxonómica de especie asignada a *Centruroides infamatus*, se encuentran incluidas poblaciones pertenecientes a otras especies hasta ahora desconocidas para la ciencia.

5. OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar morfológica y morfométricamente poblaciones de *C. infamatus* de diferentes localidades que cubran el rango de distribución hasta ahora conocido para la especie.
- Analizar diferentes poblaciones de *C. infamatus* dentro del rango de distribución hasta ahora conocido para la especie, mediante secuencias del fragmento de gen RNAm 16S.
- Delimitar la distribución geográfica *C. infamatus*, dependiendo de los resultados obtenidos del análisis.
- Redescribir la especie en función de la delimitación morfológica y morfométrica de la misma.
- Establecer los límites morfológicos y morfométricos si es el caso, entre las diferentes poblaciones que se determinen como taxa específicos diferentes.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Análisis Morfológico

Para el análisis morfológico se utilizaron 122 machos, 151 hembras y 42 juveniles correspondientes a 17 poblaciones incluidas en el presente estudio (Cuadro 2).

Posteriormente se hizo la diagnosis de *Centruroides infamatus* tomando la descripción original de Koch (1845), la redescrición como subespecie *C. i. infamatus* de Hoffman (1932) y las aportaciones de otros autores (Ponce-Saavedra *et al.*, 2016; Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra, 2016; Quijano-Ravell *et al.*, 2019) a fin de tener una referencia completa sobre los caracteres distintivos de la especie.

Es importante hacer notar que en la descripción original indica que es de México pero no se señala localidad de procedencia del tipo, del cual tampoco se sabe en dónde se encuentra actualmente; mientras que en la redescrición que hace Hoffmann en 1932, incluye ejemplares de todo el estado de Michoacán, hacia el norte hasta Zacatecas y partes colindantes de Durango y hacia el este, en Jalapa Veracruz, en esta distribución actualmente se sabe que las poblaciones corresponden a especies que entonces no estaban descritas, como *Centruroides balsasensis* Ponce-Saavedra y Francke, 2004, *Centruroides ruana* Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra, 2016, *Centruroides romeroi* Quijano-Ravell, De Armas, Francke y Ponce-Saavedra, 2019; por lo que la redescrición no puede considerarse como confiable ya que mezcla características de varias especies.

Por lo anterior, y con la finalidad de tener claridad sobre la delimitación morfológica de la especie, siguiendo el criterio de Ponce-Saavedra *et al.*, 2015, que las poblaciones de la región de León Guanajuato serían las representantes de *Centruroides infamatus* Koch *sensu stricto*, se utilizaron los ejemplares de la ciudad de esta zona en el mismo municipio, para obtener una diagnosis actualizada y utilizarla como referencia, y posteriormente se hizo la redescrición de la especie (Anexo 1).

Una vez elaborada la diagnosis, se hizo la comparación directa con las muestras de los machos y hembras de las otras localidades comprendidas en este trabajo

(Cuadro 3). El resultado se presenta como diagnóstico de cada una de las poblaciones que por las diferencias observadas se consideraron como probables nuevas especies.

6.2 Análisis Molecular

La extracción de ADN, se obtuvo el tejido a partir de un corte longitudinal de la patela del pedipalpo con bisturí y pinzas esterilizados (Figura 5), se conservó en tubos de polipropileno de 1.5ml para centrifuga con alcohol absoluto, se mantiene en congelador a -18 °C en la colección de tejidos hasta procesar la muestra.



Figura 5. Corte longitudinal de patela para obtener el tejido para la extracción de ADN.

Cuadro 2. Localidades de procedencia de los ejemplares incluidos para el análisis morfológico

LOCALIDAD	ESTADO	LATITUD	LONGITUD	MSNM	VEGETACIÓN	CLIMA	T MAX °C	T MIN °C	T MED °C
LEÓN	GTO	21.12605	-101.6784	1812	MATORRAL ESPINOSO/SELVA BAJA	BSh	27.5	12.5	19.9
EL CORRAL DE PIEDRA	GTO	21.52997	-101.7444	1830	MATORRAL ESPINOSO/SELVA BAJA	BSh	28.2	11.3	19.8
ROMITA	GTO	20.9222	-101.5550	1750	MATORRAL ESPINOSO/SELVA BAJA	BSh	29.5	14.5	21.8
BALNEARIO LA CUEVA	AGS	21.81256	-102.82	1726	MATORRAL ESPINOSO/SELVA BAJA	Csb	27.9	9.1	18.5
JALPA	ZAC	21.66395	-102.973	1399	SELVA BAJA	Csa	29.9	9.8	19.8
PRESA EL CAJÓN	NAY	21.43303	-104.4507	445	SELVA BAJA	Csa	29.6	12.3	29.6
SANTA MARÍA DEL ORO	NAY	21.32757	-104.5931	1174	PINO-ENCINO	Csa	30.7	13.8	22.3
PIEDRAS BOLA	JAL	20.6517	-104.05764	1880	PINO-ENCINO	Csa	30.3	11.7	21
PIEDRAS BOLA	JAL	20.6522	-104.05682	1894	PINO-ENCINO	Csa	30.3	11.7	21
LOS REYES	MICH	19.58848	-102.4758	1335	PINO	Csb	32.3	15.8	24
PERIBÁN	MICH	19.52231	-102.418	1623	PINO-ENCINO/SELVA BAJA	Csb	27.9	11.3	19.6
ZUMPIMITO	MICH	19.38058	-102.0603	1579	PINO-ENCINO	Cwb	26.9	12.5	19.7
TEJERIAS	MICH	19.3916	-102.0062	1602	PINO-ENCINO	Cwb	26.9	12.5	19.7
CERRO DE LA CRUZ	MICH	19.45361	-102.0422	1809	PINO	Cwb	25.4	11.8	18.6
PALITO VERDE	MICH	19.40289	-102.0728	1674	PINO-ENCINO	Cwb	26.9	12.5	19.7
BARRANCA DE CUPATITZIO	MICH	19.4284	-102.0771	1702	PINO-ENCINO	Cwb	25.4	11.8	18.6
PLAYA HINCHAHUEVOS	SIN	23.64499	-106.7959	13	SELVA BAJA	BSh	49.5	2	24.6

Cuadro 3. Machos y hembras de las localidades incluidas en este trabajo.

ESTADO	MUNICIPIO	LOCALIDAD	M	H	JUVENILES
GUANAJUATO	LEÓN	LEÓN	5	7	0
GUANAJUATO	LEÓN	EL CORRAL DE PIEDRA	14	13	6
GUANAJUATO	ROMITA	EL POCHOTE	2	4	0
AGUASCALIENTES	CALVILLO	BALNEARIO LA CUEVA	4	15	2
AGUASCALIENTES	CALVILLO	PRESA MALPASO	0	1	0
ZACATECAS	JALPA	LINDA VISTA	3	15	7
NAYARIT	SANTA MARÍA DEL ORO	PRESA EL CAJÓN	20	29	15
NAYARIT	SANTA MARÍA DEL ORO	LOS PINITOS	5	5	2
JALISCO	AHUALULCO DE MERCADO	PIEDRAS BOLA	5	8	4
MICHOACÁN	LOS REYES DE SALGADO	LOS REYES	5	5	0
MICHOACÁN	PERIBÁN DE RAMOS	PERIBÁN	5	5	0
MICHOACÁN	URUAPAN	ZUMPIMITO	5	5	0
MICHOACÁN	URUAPAN	TEJERIAS	5	5	0
MICHOACÁN	URUAPAN	CERRO DE LA CRUZ	5	5	0
MICHOACÁN	URUAPAN	PALITO VERDE	5	5	0
MICHOACÁN	URUAPAN	BARRANCA DE CUPATITZIO	5	5	0
SINALOA	SAN IGNACIO	PLAYA HINCHAHUEVOS	13	13	8
			117	146	42

Se utilizó el protocolo de Fitz-Simmons (1997) y una vez obtenido el ADN, se agregaron 3 µl de una mezcla de glicerol y xilenocianol como buffer de carga, se agregaron 8 µl de ADN, fueron mezclados y corridos en minigeles de agarosa al 1.4%; con tinte de cianina asimétrico SYBR y visualizados bajo un transiluminador de luz UV.

6.2.1 Amplificación del gen 16S

Para la obtención del gen 16S RNAm, se amplificó el ADN mediante reacción en cadena de la polimerasa; se utilizaron los “primers” para dípteros propuestos por Simon *et al.*, (1994) (Cuadro 4) y posteriormente utilizados en estudios con alacranes (Miranda-López, 2012; Towler *et al.*, 2001; Ponce-Saavedra *et al.*, 2009; Quijano-Ravell *et al.*, 2019) con la siguiente secuencia.

LRN 13398 5' CGCCTGTTTATCAAAAACAT-3' LRN

LRJ 12887 5' CCGGTTTGAAGTTCAGATCATGT-3' LRJ

Cuadro 4. Reactivos y concentraciones utilizadas para protocolo de PCR

Reactivo	Concentración	Cantidad
Buffer 1x	1x	2.5 µl
Desoxinucleótidos (DNTP's)	200 µM	0.5 µl
Primer uno (LRN 13398)	0.5 µM	1.25 µl
Primer dos (LRJ 12887)	0.5 µM	1.25 µl
Taq Polimerasa	5 U/µl	0.25 µl
BSA	1 µl	1 µl
Cloruro de Magnesio MgCl	5.5 mM	2.75 µl
Aforar con agua		14.5 µl
ADN		2 µl

Se elaboró una mezcla con los reactivos y posteriormente se dividió entre los microtubos para PCR, con un volumen de 23 µl y 2 µl de ADN para obtener un volumen final de 25 µl. Posteriormente se sometió al Termociclador Applied Biosystems GeneAmp PCR System 2700, con condiciones específicas de temperatura en cada ciclo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Condiciones de temperatura y tiempo para amplificación de ADN.

Tiempo	Condiciones de Temperatura en °C	Ciclos
5 min	94	1
30 seg	94	
30 seg	50	30
30 seg	72	
7 min	72	1

El producto obtenido se sometió al método de electroforesis en geles por 20 minutos a 110V, se adicionó Tris-Borato EDTA (TBE) como amortiguador y se visualizó el resultado en un transilumador de luz UV. El procedimiento se realizó en el laboratorio de Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología (CMEB) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Los productos de PCR se enviaron a Psomagen USA, para su secuenciación.

6.2.2 Alineamiento de secuencias.

Se utilizaron 39 secuencias que representan a las poblaciones analizadas en el presente estudio, tres de ellas se encuentran depositadas en GenBank, seis más de Ponce-Saavedra *et al.*, en prep y 16 se obtuvieron a partir de material fresco que proviene de colectas de campo para este estudio; además del grupo externo representado por cuatro secuencias de *Centruroides tecomanus* Hoffmann, 1932 del subgrupo “elegans” como grupo externo (Cuadro 6).

Para el alineamiento y los análisis correspondientes se utilizó Molecular Evolutionary Analysis MEGA versión 11 (Kumar *et al.*, 2018).

Se realizó un análisis de distancias pareadas con *p*-distance, que indica las diferencias entre pares de bases por sitio de nucleótidos, y las posibles diferencias genéticas entre poblaciones; para la reconstrucción filogenética, se utilizaron tres métodos, el de Máxima verosimilitud y Máxima parsimonia, así como un método fenético UPGMA.

Cuadro 6. Secuencias del gen 16s de *C. infamatus*.

Especie	Localidad	Etiqueta	Registro GenBank	Autor (es)	Museo donde se deposita el voucher
<i>Centruroides tecomanus</i> * Hoffmann, 1932	Lázaro Cárdenas, Mich Mex.	C_tecomanus1 LC Mich	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides tecomanus</i> * Hoffmann, 1932	Lázaro Cárdenas, Mich Mex.	C_tecomanus2 LC Mich	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides tecomanus</i> * Hoffmann, 1932	El Faro de Bucerías Aguila, Mich Méx.	C_tec Faro 1	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides tecomanus</i> * Hoffmann, 1932	El Faro de Bucerías Aguila, Mich Méx.	C_tec Faro 2	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides suffusus</i> (Pocock, 1902)	Fresnillo Zacatecas Méx	C_Fresnillo	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides suffusus</i> (Pocock, 1902)	Durango	C_suffusus Dgo1	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides suffusus</i> (Pocock, 1902)	Durango	C_suffusus Dgo2	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides vittatus</i> (Say, 1821)	Illinois EUA	C_vittatus Illinois	MK479057	Esposito y Prendini 2019	N/A
<i>Centruroides vittatus</i> (Say, 1821)	Arkansas EUA	C_vittatus Arkansas	AJ288643	Towler <i>et al.</i> , 2001	N/A
<i>Centruroides vittatus</i> (Say, 1821)	Texas EUA	C_vittatus Texas	KY981899	Esposito <i>et al.</i> , 2018	N/A
<i>Centruroides ornatus</i> Pocock, 1902	Churintzio Mich, Méx	C_ornatus Churintzio Mich	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides ornatus</i> Pocock, 1902	Isla de Los Alacranes, Chapala, Jalisco, Mex.	C_ornatus Isla Alac Jal	MK774710	Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra	CAFBUM
<i>Centruroides ornatus</i> Pocock, 1902	Chapala Jalisco, Mex.	C_ornatus CHAPALA Jal	MK774709	Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra	CAFBUM
<i>Centruroides ruana</i> Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra, 2016	Felipe Carrillo Puerto, Buenavista, Mich Mex.	C_ruana	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides ruana</i> Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra, 2016	Felipe Carrillo Puerto, Buenavista, Mich Mex.	C_ruana LTipo	MK789720	Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra	CAFBUM
<i>Centruroides romeroi</i> Quijano-Ravell, De Armas, Francke y Ponce-Saavedra, 2019	La nieve, Mpio de Coalcoman de Vazquez Pallares Mich, Mex	C_romeroi	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides romeroi</i> Quijano-Ravell, De Armas, Francke y Ponce-Saavedra, 2019	La nieve, Mpio de Coalcoman de Vazquez Pallares Mich, Mex	C_romeroi LaNieve	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides romeroi</i> Quijano-Ravell, De Armas, Francke y Ponce-Saavedra, 2019	La nieve, Mpio de Coalcoman de Vazquez Pallares Mich, Mex	C_romeroi Ltipo	MK789721	Quijano-Ravell <i>et al.</i> , 2019	CAFBUM

Cuadro 6. Cont.

Especie	Localidad	Etiqueta	Registro GenBank	Autor (es)	Museo donde se deposita el voucher
<i>Centruroides infamatus</i> C L Koch, 1845	León Guanajuato Méx	C infamatus Leon Gto1	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides infamatus</i> C L Koch, 1845	León Guanajuato Méx	C infamatus Leon Gto2	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides infamatus</i> C L Koch, 1845	El corral de Piedra Mpio de León Gto Méx	C Corral P Gto1	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides</i> sp1 "Sinaloa"	Playa hinchahuevos municipio de San Ignacio Sin Méx	C Playa Hinchahuevos Sin	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides</i> sp2 "Nayarit"	Los pinitos, Municipio de Santa María del Oro Nay Méx	C Sta Ma Nay	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides</i> sp2 "Nayarit"	Presa el cajón Municipio de Santa María del Oro Nay Méx	C Presa Caj Nay1	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides</i> sp2 "Nayarit"	Presa el cajón Municipio de Santa María del Oro Nay Méx	C Presa Caj Nay2	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides</i> sp2 "Nayarit"	El crucero Ahualulco de mercado Jalisco Méx	C crucero Jal	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides</i> sp2 "Nayarit"	ANP Piedras bola Ahualulco de mercado Jalisco Méx	C Pbola Jal	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides</i> sp3 "Jalpa"	Linda vista, municipio de Jalpa, Zac Méx	Jalpa Zac 1	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides</i> sp3 "Jalpa"	Linda vista, municipio de Jalpa, Zac Méx	Jalpa Zac 2	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides</i> sp4 "Michoacán"	Zumpimito municipio de Uruapan del Progreso Mich Mex	C Zumpimito Mich1	AF439753	Towler <i>et al.</i> , 2001	N/A
<i>Centruroides</i> sp4 "Michoacán"	Zumpimito municipio de Uruapan del Progreso Mich Mex	C Zumpimito Mich2	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides</i> sp4 "Michoacán"	Tocumbo Mich Méx	C Tocumbo Mich 1	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides</i> sp4 "Michoacán"	Tocumbo Mich Méx	C Tocumbo Mich 2	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides</i> sp4 "Michoacán"	Palito verde municipio de Uruapan del Progreso Mich Méx	C Uruapan PV Mich	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides</i> sp5 "Aguascalientes"	"Balneario la cueva" Calvillo, Ags Méx	C Calvillo Ags1	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM
<i>Centruroides</i> sp5 "Aguascalientes"	"Balneario la cueva" Calvillo, Ags Méx	C Calvillo Ags1	Nuevo para el estudio	Ponce-Saavedra <i>et al.</i> ,	CAFBUM

7. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Para elaborar los mapas de distribución, se utilizaron las poblaciones del municipio de León, Guanajuato. Colonia Jardines del moral, “El corral de piedra”; “El Pochote”, Municipio de Romita, Guanajuato que corresponden a *Centruroides infamatus*.

La población de Playa hincha huevos, municipio de San Ignacio, Sinaloa que corresponden a *Centruroides* sp. 1 “Sinaloa”, las dos poblaciones del municipio de Santa María del Oro Nayarit y Jalisco Piedras bola y el cruceo Jalisco están incluidas en *Centruroides* sp. 2 “Nayarit”, una población del municipio de Jalpa Zacatecas denominada *Centruroides* sp. 3 “Jalpa” y las seis poblaciones del municipio de Los Reyes, Periban y Uruapan del estado de Michoacán que corresponden a lo que se denominó *Centruroides* sp. 4 “Michoacán”, finalmente de Presa Malpaso y Balneario “La cueva” del Municipio de Calvillo Aguascalientes que corresponden a *Centruroides* sp. 5 “Aguascalientes”.

Para cada población se georreferenciaron las coordenadas de su ubicación, en Google Earth Pro v.7.3 y se transfirieron a Excel delimitados por comas (.csv), posteriormente al sistema WGS84 en QGIS versión 3.18 “Zürich”. Además de los puntos generados por coordenadas, se cargó la carta de división política estatal 1:250000 2018 de CONABIO y como capa base se usó el servidor ESRI, del Plugin QuickMapServices, que proporciona imágenes satelitales.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Morfológico

Diagnosis de *Centruroides infamatus* C. L. Koch (1845)

Información taxonómica

Tityus infamatus C. L. Koch, 1845. Tab: CCCLXXII, Fig: 873. 46-48.

Holotipo: Sexo desconocido. Iconotipo: Hembra. Localidad tipo: México. Zoologisches Museum, Humboldt, Universitat, Berlin Germany

Sinónimos

Tityus infamatus

Koch, 1850: 91.

Centrurus infamatus

Kraepelin, 1890: 262-263, 267-271,286; Kraepelin, 1891: 121, 125-127; Kraepelin, 1893: 199; Kraepelin, 1894: 95; Lönngber, 1897: 184-185; Pocock, 1898: 387; Kraepelin, 1899: 88-90; Kraepelin, 1901: 270; Kraepelin, 1905: 198; Kraepelin, 1908: 184; Lampe, 1910: 24, Penther, 1913: 243; Berland, 1913: 254; Strand, 1913: 71; Strand, 1916: 59; Lampe, 1917: 196, Ochoterena, 1917: 223; Kopstein, 1921: 143.

Centruroides infamatus infamatus

Hoffmann, 1932: 328, 331-334, fig. 88-89; Hoffmann, 1937: 203-204; Hoffmann, 1938: 319; Díaz Nájera, 1964: 19- 27; Díaz Nájera, 1966: 111-116; Díaz Nájera, 1975: 3-33; Stahnke y Calos,1977: 118; Keegan, 1978: 19,71,72; Francke, 1984: 98; Dehesa-Dávila, *et al.*, 1989: 281-286; Chávez-Haro, 1990: 16; González-Sponga, 1990: 108,149; Dehesa-Dávila, *et al.*, 1994:1487-1492; Dehesa-Dávila, *et al.*, 1996: 331-338; ; Fet *et al.*, 2000: 109,110; Lourenço y Sissom, 2000:133; González-Santillán, 2001: 26; Martín-Frías y Armas, 2001: 313, 315; Ponce-Saavedra y Beutelspacher, 2001:103; Towler *et al.*, 2001: 158-163.

Distribución: La región del municipio de León, Guanajuato. Colonia Jardines del moral, “El corral de piedra”; “El Pochote”, Municipio de Romita, Guanajuato.

MATERIAL REVISADO:

CAFBUM: 5♂, 7♀, León, 21.1264N, -101.6688W, 1815 msnm, 8.VII.2001, Cols: n/a. 14♂ 2 juveniles, 13♀ 4 juveniles, Corral de piedra, Mpio. de León, 21.0945N, -101.7433W, 1801msnm 09.X.2020, Cols. W. Linares, S. Montañez, F. Morales, M. Ramírez. 2♂, 4♀ El Pochote, Mpio. de Romita, 20.9222N, -101.5550W, 1750 msnm -.VI.2016. Cols. E. Pavel. CNAN: 1♂, Colonia Jardines del Moral, Mpio. de León 21.1454N, -101.6903W, 1827msnm, sin fecha, Cols: n/a. CNAN:SC732. 9♂, 1 juvenil, 6♀, León, 21.1264N, -101.6688W, 1815 msnm, 1.V.2004 Cols: P. Berea, CNAN:SC772. GUANAJUATO.

Alacranes de tamaño mediano para el género (43-60 mm) (Figura6); los machos sexualmente maduros presentan dos tamaños: “pequeños” ($46.8 \text{ mm} \pm 3.29$ n=7) y “grandes” ($55.63 \text{ mm} \pm 6.26$, n=27). Carapacho con pigmentación difusa en la parte anterior, con dos áreas immaculadas en ambos lados de los ojos medios, igual que las áreas laterales, aunque éstas presentan unas pequeñas manchas irregulares (Figura 7a). La superficie presenta gránulos irregulares y dispersos, más abundantes en la parte media; las quillas medias posteriores están formadas por gránulos irregulares pigmentados (Figura 7b). Pedipalpos en machos con quillas granulares moderadamente desarrolladas en fémur y patela (Figura 7c d), mientras que en la mano la mayoría son lisas, presentan forma ovaladas, dos veces más largas que anchas (proporción largo/ancho= 1.94 ± 0.21) (Cuadro 7, Figura 7e); en hembras todas las quillas bien desarrolladas, y en la mano son granulares presentan formas más globosas (proporción largo/ancho 1.76 ± 0.11) (Cuadro 7, Figura 7f). Mesosoma dorsalmente con manchas de pigmento negro que forman dos bandas longitudinales a los lados de una banda mesal immaculada; las bandas negras son ligeramente más anchas ($1.44 \text{ mm} \pm 0.1$ n=20) que la mesal ($1.25 \text{ mm} \pm 0.14$ n=20); pigmento de las manchas intenso en preterguito y posterguito de las placas I-III; con pigmentación reticulada que une las manchas de preterguito con la del posterguito, en IV-VI presentan una línea oblicua que une estas manchas; esternito VII con

quillas dorsoexternas dentadas (Figura 7 g). Placa basal de los peines de los machos rectangular casi dos veces más ancha que larga, (proporción ancho/largo 1.89 ± 0.1) (Cuadro 7, Figura 8a), con una muesca media en el borde anterior de la placa. Hembras con placa pectinal subcuadrangular, sin muesca en el borde anterior y proporcionalmente más ancha (proporción ancho/largo 2.05) y con el margen posterior redondeado (Figura 8b); el conteo de dientes pectinales en machos es 21-23 (moda 22; n=74), hembras 18-22 (moda 20; n=104). Metasoma con quilla submediana ventral ligeramente crenuladas en I-II, y bien desarrolladas en III-IV; II y III con la lateral supramediana y lateral inframediana granulares a crenuladas poco desarrolladas, las dorsolaterales ligeramente dentadas (Figura 8 c,d); segmento metasomal V con quillas muy débiles, aparentes solo por pigmento (Figura 8e), en las hembras están presentes las quillas ventrolaterales, medias y las dorsolaterales apreciables al menos en la base (Figura 8f), además de que es más alto (proporción largo/alto 2.37 ± 0.09), en machos es tres veces más largo que alto proporción largo/alto (3.21mm). Vesícula ovalada en machos, dos veces más larga que alta (proporción largo/alto = 2.03 ± 0.05) (Figura 8g), en las hembras es ligeramente más redondeada (proporción largo/alto 1.56 ± 0.05) (Figura 8h). Tubérculo subaculear reducido a un gránulo, tanto en machos como en hembras.

Hemiespermatóforo ensanchado (Figura 9 a) con la quilla basal bien esclerotizada; quilla interna fuerte desde la apófisis interna hasta la flexión del pie; reborde externo del pedicelo desarrollado; lámina interna del pedicelo lobulada (Figura 9 b), diente basal desarrollado en forma de gancho (Figura 9 c).

Para este análisis se incluyeron poblaciones del municipio de Calvillo en Aguascalientes; La ciudad de León Guanajuato, El corral de piedra y la colonia jardines del Moral de la ciudad de León, el municipio de Romita

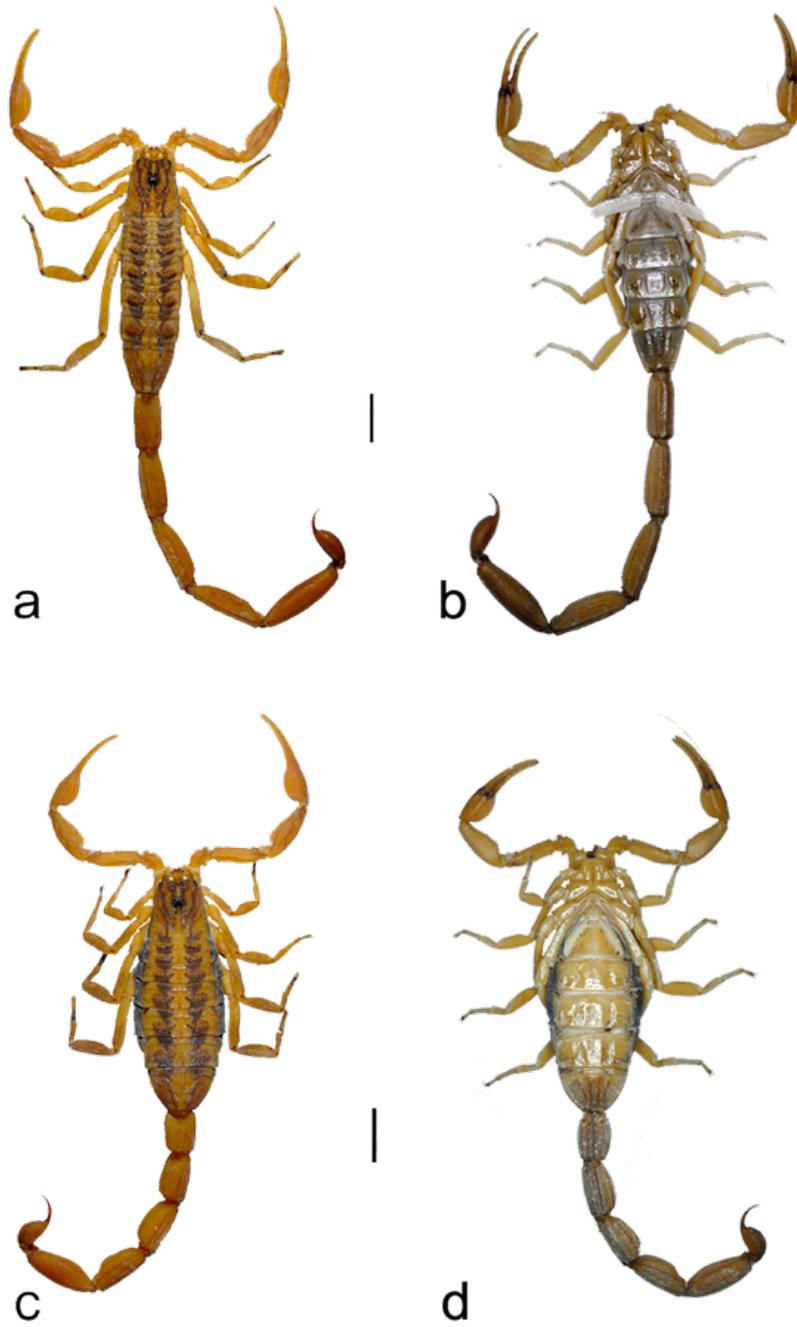


Figura 6. Habitus de *Centruroides infamatus* de León Guanajuato, a) Vista dorsal del macho, b) Vista ventral de macho; c) Vista dorsal de hembra, d) Vista ventral de hembra. Barra de escala = 5 mm.

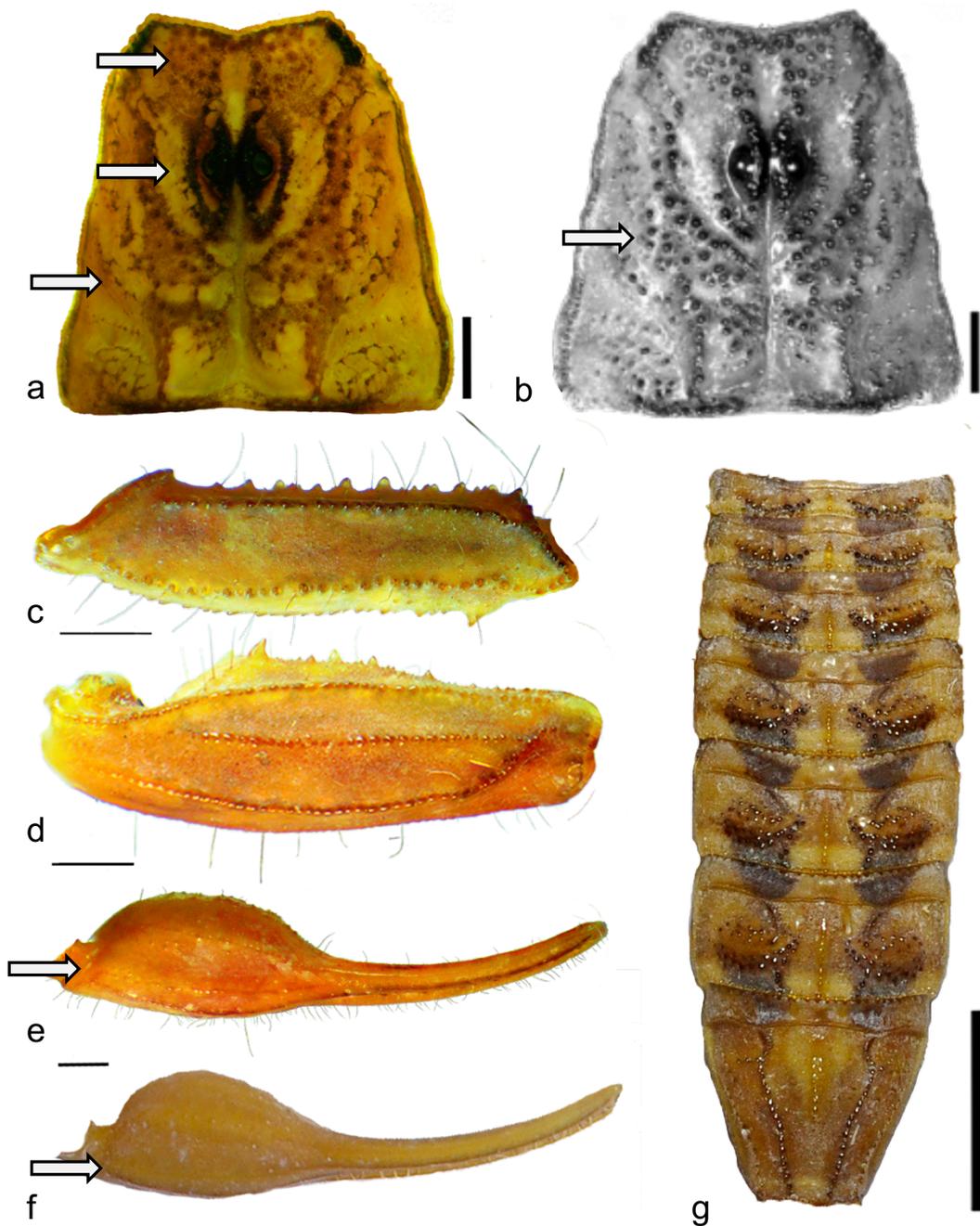


Figura 7. Características Diagnósticas de *Centruroides infamatus*, a) Pigmentación de carapacho, b) Granulación de carapacho; c) Fémur vista dorsal; d) Patela vista dorsal; e) Mano de macho vista dorsal; f) Mano de hembra, vista dorsal, barra de escala = 1mm; i) Mesosoma, terguitos. barra de escala = 5 mm

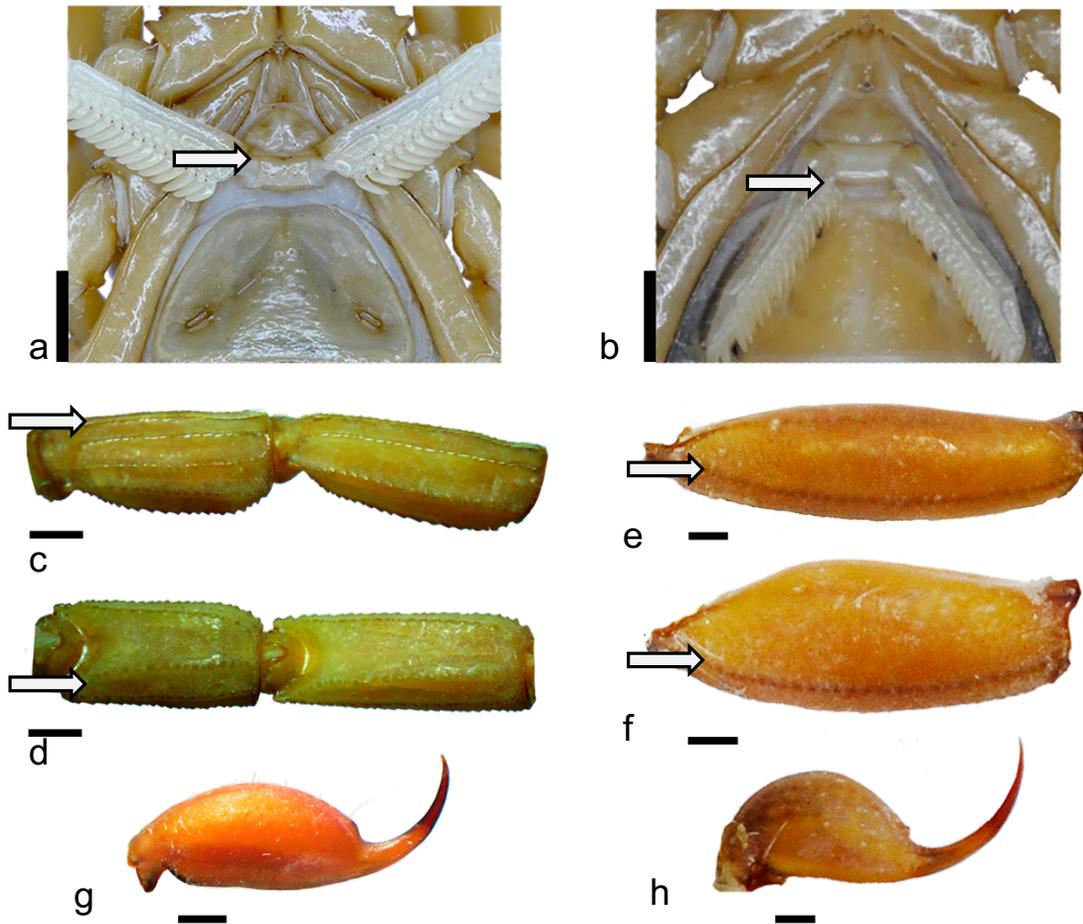


Figura 8. Características Diagnósticas de *Centruroides infamatus*, a) Placa basal de los peines de macho; b) Placa basal de los peines de hembra, barra de escala = 5 mm; c) Segmento metasomal II-III vista lateral; d) Segmento metasomal II-III vista dorsal; e) Segmentos metasomal V de macho, vista lateral; f) Segmentos metasomal V de hembra vista lateral; g) Vesícula de macho vista lateral; h) Vesícula de hembra vista lateral, barra de escala = 1mm.

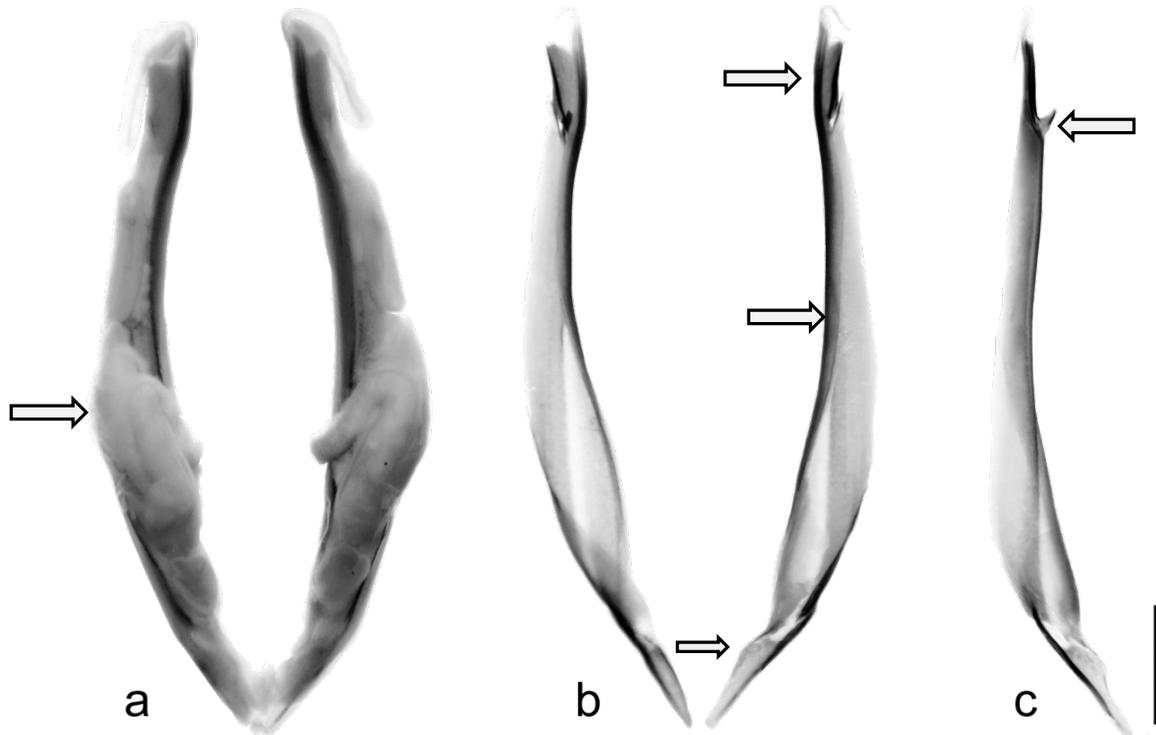


Figura 9. Hemiespermatóforo de *Centruroides infamatus*. a) Hemiespermatóforo aclarado, vista dorsal; b) Hemiespermatóforo, vista dorsal; c) Hemiespermatóforo, vista lateral, barra de escala = 1mm.

Al sur del estado de Guanajuato en la Sierra de los Agustinos, Acámbaro, Pénjamo Salamanca, Salvatierra, Valle de Cuauhtémoc y Yuriria, se distribuye *Centruroides ornatus*, que a diferencia de *C. infamatus*, son animales más pequeños para el género (40-50 mm), las bandas negras dorsales en el mesosoma claramente más anchas que la franja mesal clara, el carapacho presenta pigmentación casi totalmente obscura pero variable en intensidad y área que ocupa; habitan por arriba de los 2400 msnm.

En el estado de Sinaloa se ha reportado *Centruroides infamatus* en Mazatlán (Beutelspacher, 2000) y otros autores (Fet *et al.*, 2000; Ponce-Saavedra *et al.*, 2016), solo mencionan el estado. En la Colección de Arácnidos de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana (CAFBUM), se encontró material de una población de la playa “hincha huevos” ubicada en el municipio de San Ignacio, al sur del estado (23.6624N; -106.6983W).

Estos son animales de tamaño más pequeño (44-49mm) que *C. infamatus*; presentan el carapacho con pigmentación difusa en la parte anterior, con granulación un poco más densa en la parte media y anterior; en machos los pedipalpos con fémur y patela con quillas crenuladas bien desarrolladas; las manos son más redondas, 1.7 veces más largas que anchas (proporción largo/ancho = 1.72 ± 0.11), en machos y (proporción largo/ancho = 1.92 ± 0.18) en hembras, con las quillas crenuladas en la parte proximal a lisas en la parte distal.

La placa basal en ambos sexos es subcuadrangular a diferencia de *C. infamatus* en donde es rectangular, adicionalmente la placa de la hembra tiene una ligera muesca media, la cual no se observa en *C. infamatus*; conteo de dientes pectinales es mayor, machos 23-27 (moda 24 n=34), 21-24 (moda 22, n=48) en hembras. El borde posterior del esternito V es ligeramente redondeado en la zona media a diferencia de los bordes rectos en los esternitos de *C. infamatus*. Metasoma, en el segmento V es más lineal, con apariencia tubular en machos con las quillas débiles y lisas. La vesícula es más alargada, tres veces más larga que alta mientras en *C. infamatus* es solo de dos.

En este estado, también se registra a *Centruroides suffusus*, que forma parte del “subgrupo infamatus”, pero la población “playa hinchahuevos” difiere de esta especie en que son animales más pequeños ya que *C. suffusus* alcanza 90mm (Hoffmann, 1932); el segmento metasomal V es más corto siendo 3 veces más largo que alto, mientras que *C. suffusus* es 4.5 veces más largo que alto; las quillas son débiles y lisas, mientras que en *C. suffusus* son vestigiales, dan apariencia de ser “coludos” proporción largo del metasoma/ largo del mesosoma (2.70) en la población de Sinaloa es menor (1.98); Esta población se asemeja morfológicamente

a *Centruroides ornatus*, con quién difiere en la pigmentación del carapacho que en *ornatus* es muy intensa y ocupa casi toda la superficie; el conteo de dientes pectinales en machos es más alto 23-27 (moda 24), mientras que en *C. ornatus* es de 19-24 (moda 21); el segmento metasomal V es más delgado y alargado, cuatro veces más largo que alto, mientras que en *C. ornatus* es solo tres veces más largo que alto y *C. ornatus* tiene la vésicula es más globosa. *C. ornatus* se distribuye en el centro de México (Michoacán, Guanajuato) y al occidente en el estado de Jalisco. Por lo anterior se concluye que la población de San Ignacio debe corresponder a un taxón aún no descrito. Se presenta su diagnóstico.

Diagnóstico de *Centruroides* sp. 1 (Sinaloa)

Distribución: Sinaloa México

Material revisado:

13♂, 6♀, 8 juveniles; Playa "hincha huevos", municipio de San Ignacio, Sinaloa, Coordenadas: 23.6624N, -106.6983W, 172 msnm, 28.IX.2016, Cols: A. Quijano, J Maldonado, C. López.

Alacranes de tamaño mediano para el género (44-49mm machos 46.98mm \pm 1.88 n=13; hembras 44.66 mm 1.83; n=16) (Figura 10). Carapacho con pigmentación difusa en la parte anterior, con una área immaculada en el surco posterior, surco posterior transverso y en la parte lateroposterior de los ojos medios que se extiende hacia el surco medio posterior (Figura 11a); la superficie con una granulación gruesa y abundante (Figura 11b). Pedipalpos con quillas granuladas (Figura 11 c,d).; en las manos las quillas son de crenuladas a lisas, las manos son ovaladas (proporción largo/ancho =1.72), (Figura 11e); en hembras las quillas están más desarrolladas; las manos son más globosas, proporción largo/ancho (1.92) (Figura 11f). Mesosoma con pigmentación difusa desde el preterguito hasta el posterguito (Figura 11g). Placa basal de los peines en machos rectangular (proporción ancho/largo =1.53), borde anterior con una muesca media tenue y borde posterior recto, conteo pectinal en machos 23-27 (moda 24 n=26) (Figura 12 a); en hembras la placa basal es

subcuadrangular, (proporción ancho/largo =1.62) el borde anterior presenta una muesca tenue, el borde posterior es redondeado, conteo de dientes pectinales 21-24 (moda 22, n=48) (Figura 12b); borde posterior del esternito V es ligeramente redondeado en la zona media (Figura 12 c). Metasoma con quillas bien desarrolladas (Figura 12 d), en el segmento V las quillas de los machos son débiles y lisas, dando una ligera apariencia angulosa (Figura 12 e); en las hembras, el segmento V es más ancho y las quillas son de ligeramente crenuladas a lisas, solo bien desarrolladas en la base (Figura 12 f). La vesícula en machos es alargada, tres veces más larga que alta (proporción largo-alto =3.15) (Figura 12 g); en hembras es ligeramente globosa (1.74 veces más larga que alta), (Figura 12 h), en ambos casos con el tubérculo subaculear cónico pero reducido. Hemiespermatóforo con la quilla basal delgada, poco desarrollada, diente basal espiniforme, apófisis interna y pedicelo poco esclerotizado, flexión del pie, ensanchado. (Figura 13 a).

En el estado de Nayarit se ha reportado la presencia de *Centruroides infamatus* (Fet *et al.*, 2000; Ponce Saavedra y Francke 2013; Ponce-Saavedra *et al.*, 2016,). En la zona del municipio de Santa María del oro y la presa “El Cajón”, se encontró una población que se diferencia de *C. infamatus* las manos son globosas y presentan las quillas lisas; el conteo de dientes pectinales es más alto 23-27, *C. infamatus* tiene el conteo de dientes pectinales de 21-23; la placa basal de los peines, presenta el borde posterior ligeramente redondeado, en *C. infamatus* el borde posterior es recto; el metasoma con quillas aserradas, a excepción del segmento metasomal V que son lisas, mientras que en *C. infamatus* son granuladas a crenuladas, en el segmento metasomal V son visibles solo por la pigmentación.

Esta población es parecida a *Centruroides suffusus*, pero son animales de tamaño menor 49-63mm, mientras que *C. suffusus* mide hasta 90 mm; patela con la quilla dorsoexterna crenulada, mientras que en *C. suffusus* es granulada, placa basal de los peines es rectangular con una muesca pronunciada en el borde anterior y el borde posterior es casi recto, en *C. suffusus* la placa es más larga con apariencia subcuadrangular, el borde posterior es redondeado y presenta dos “spits”; el

metasoma es más corto (proporción largo metasoma/largo mesosoma = 1.95), mientras que en *C. suffusus* es más largo (proporción largo metasoma/largo mesosoma = 2.70).

Morfológicamente esta población es similar a *Centruroides ornatus*, pero estos son animales más grandes de hasta 63 mm, mientras que *C. ornatus*, son animales de tamaño más pequeño 40-50 mm; el carapacho presenta el surco medio anterior, posterior y transversal inmaculado, mientras que *C. ornatus*, presenta una pigmentación difusa en casi toda la superficie del carapacho; placa basal de los peines con el borde anterior convexo y conteo de dientes pectinales es más alto 23-27 (moda 24) mientras que en *C. ornatus* es de 19-24 (moda 21); el tubérculo subaculear es cónico y poco desarrollado, mientras que en *C. ornatus* está más desarrollado, se distribuye en el estado de Jalisco y hacia el centro de México en Michoacán y Guanajuato).

Con la población que denominamos *Centruroides* sp. 1 "Sinaloa" es distinta por ser animales más pequeños 47 a 49 mm; la pigmentación del carapacho es difusa en la parte anterior; las quillas de las manos son crenuladas a lisas; el esternito V presenta el borde posterior redondeado en la zona media; el segmento metasomal V es largo y delgado con apariencia angulosa, la vesícula es ovalada, tres veces más larga que alta; por lo que se concluye que estas poblaciones representan a un taxón no descrito del subgrupo "infamatus" al que se denominó *Centruroides* sp. 2.

En el estado de Jalisco en las localidades ANP Piedras Bola y Crucero, se encontraron poblaciones morfológicamente similares a las de Nayarit, pero de menor tamaño, tanto en hembras como en machos, considerando no tener evidencias morfológicas suficientes para separar estas poblaciones de las de Nayarit; en consecuencia, lo consideramos como la misma especie. A continuación se presenta su diagnóstico.

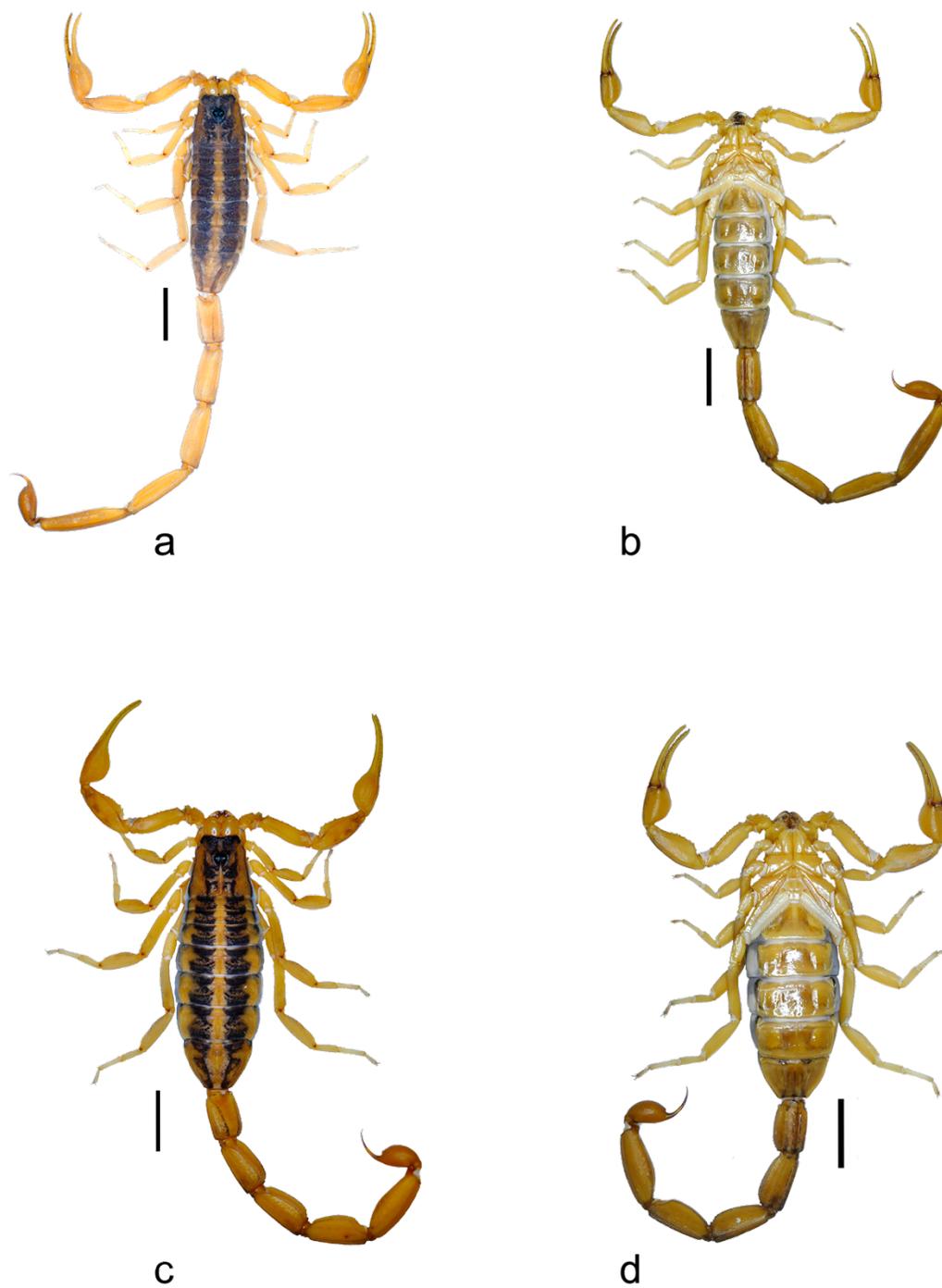


Figura 10. Habitus de *Centruroides* sp. 1 "Sinaloa" a) Vista dorsal del macho, b) Vista ventral de macho; c) Vista dorsal de hembra, d) Vista ventral de hembra. Barra de escala = 5 mm.

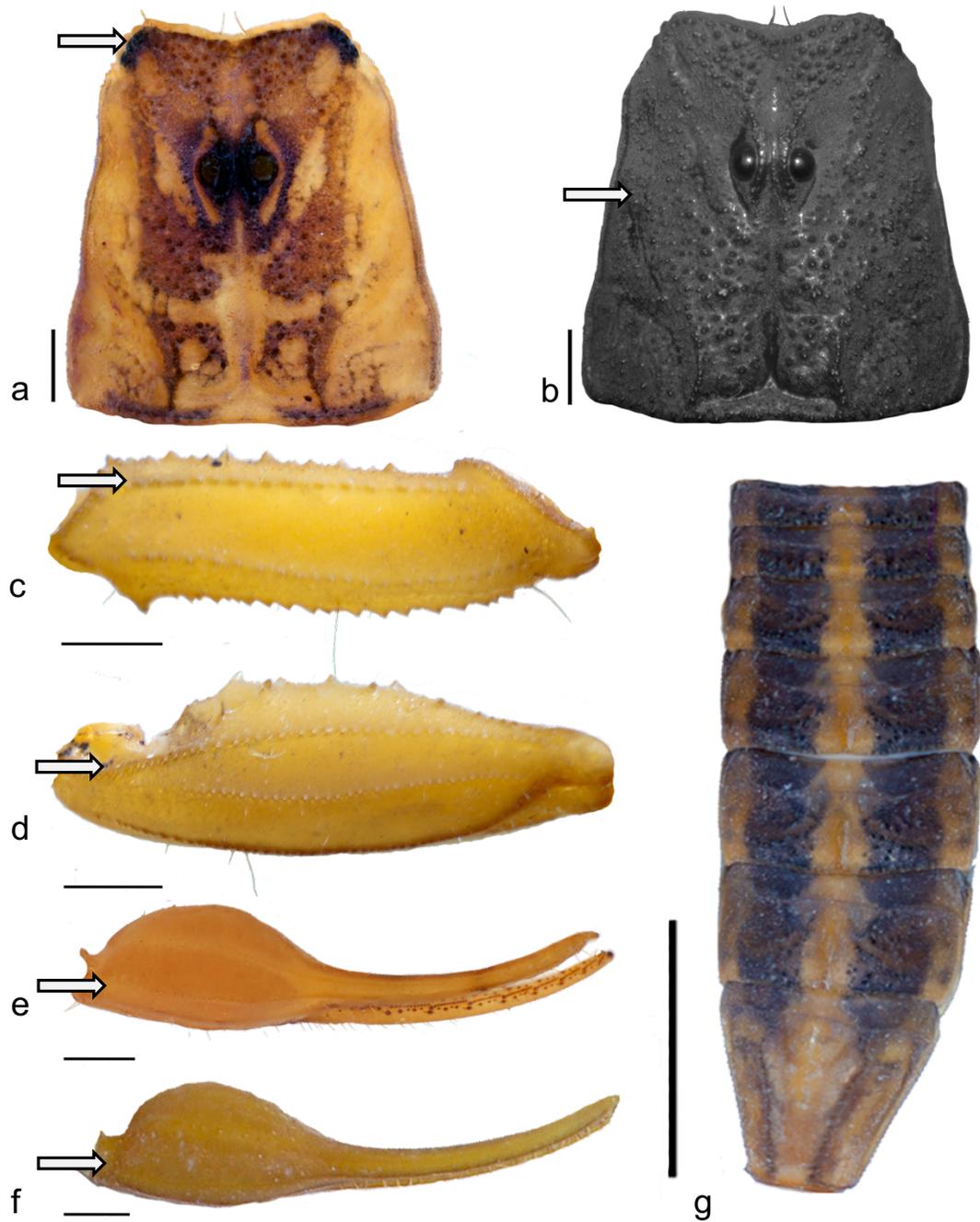


Figura 11. Características diagnósticas de *Centruroides* sp. 1 "Sinaloa", a) Pigmentación de carapacho, b) Granulación de carapacho; c) Fémur vista dorsal; d) Patela vista dorsal; e) Mano de macho vista dorsal; f) Mano de hembra, vista dorsal barra de escala = 1mm; g) Mesosoma, terguitos, barra de escala = 5mm.

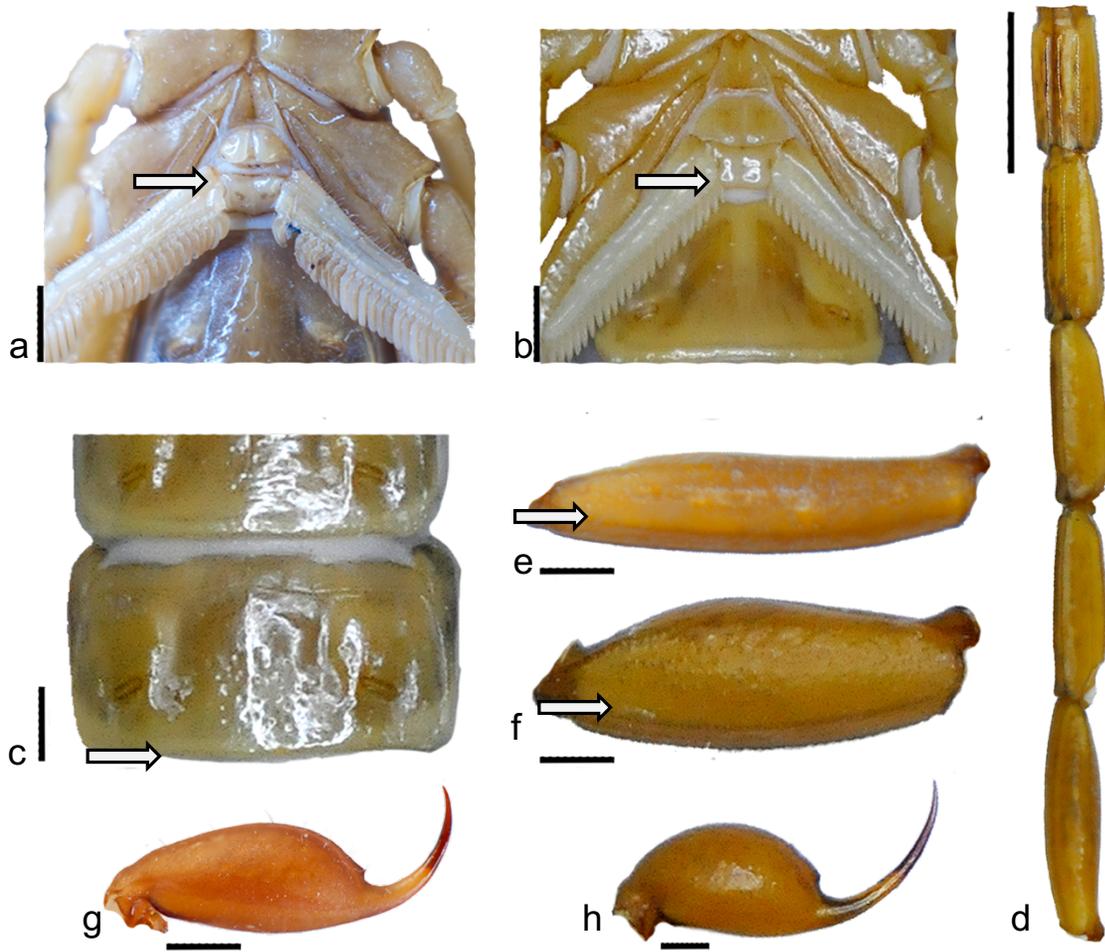


Figura 12. Características diagnósticas de *Centruroides* sp. 1 "Sinaloa", a) Base pectinal macho, b) Base pectinal hembra; c) Esternito V borde posterior, barra de escala = 1 mm; d) Metasoma, barra de escala = 5 mm; e) Segmento metasomal V de macho, f) Segmento metasomal V de hembra; g) Vesícula de macho vista lateral; h) Vesícula de hembra vista lateral, barra de escala = 1 mm.

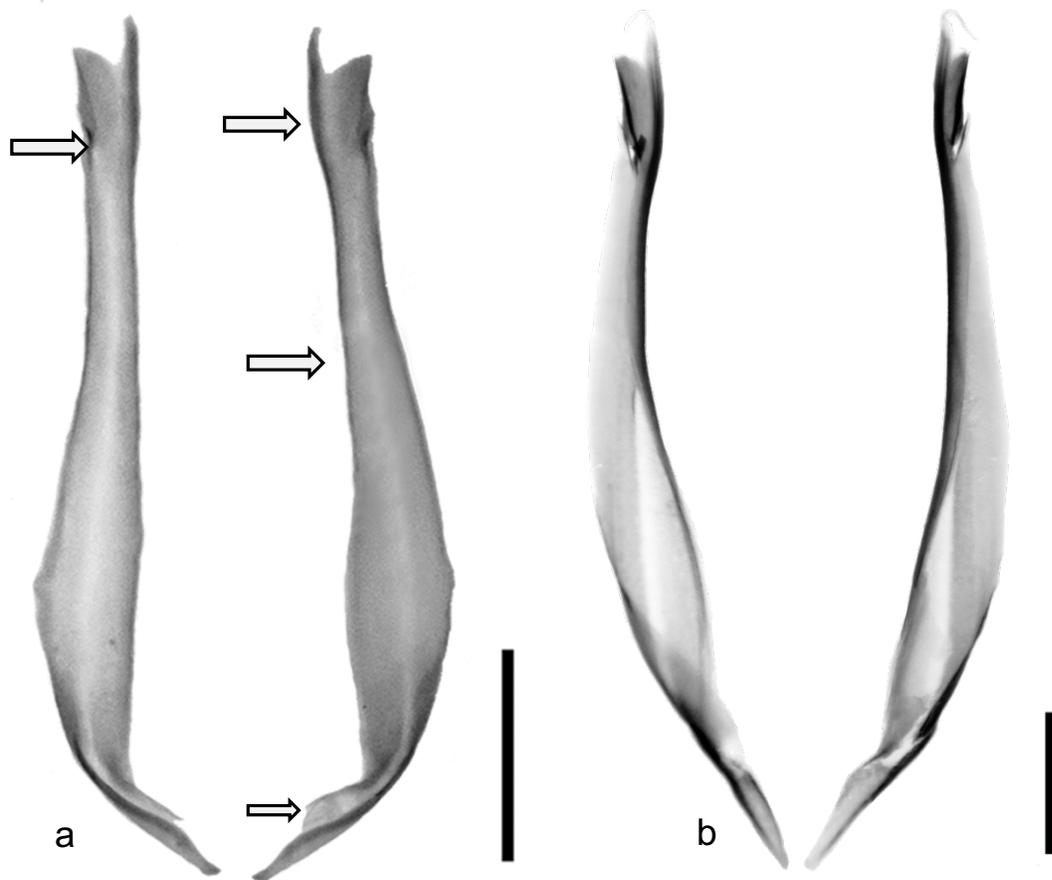


Figura 13. Hemiespermatóforo de a) *Centruroides* sp. 1 "Sinaloa" y b) *Centruroides infamatus*, barra de escala= 1mm.

Diagnosis de *Centruroides* sp. 2 (Nayarit)

Distribución: Nayarit, México

Material revisado:

Datos de colecta: CAFBUM 5♂, 5♀, Presa el cajón, Mpio: Santa María del Oro, 21.4281N, -104.4519W, 640 msnm 2.I.2012, Cols: A. Escalante. 2♂, 6♀, 2 juveniles, Presa el cajón Mpio: Santa María del Oro, 21.4281N, -104.4519W, 640 msnm 6.I.2012, Cols: A. Escalante. 3♂, 7♀, 1 juveniles, Presa el cajón Mpio: Santa María del Oro, 21.4281N, -104.4519W, 640 msnm 12-16.XII.2011 Cols: A. Escalante; 8♂, 6♀, 6 juveniles, Presa el cajón Mpio: Santa María del Oro, 21.4281N, -104.4519W, 640 msnm 26-30.XII.2011, Cols: A. Escalante; 2♂, 5♀, 6 juveniles, Presa el cajón, Mpio: Santa María del Oro, 21.4281N, -104.4519W, 640 msnm 28.X.2020, Cols. W. Linares, E. Guzmán, S. Montañez, F. Morales, M. Ramírez. 5♂, 5♀, 2 juveniles Los Pinitos, Mpio: Santa María del Oro, 21.3684, -104.5695, 735 msnm 29. X.2020. Cols. W. Linares, E. Guzmán, S. Montañez, F. Morales, M. Ramírez.

Alacranes medianos para el género (49-63mm, machos 56.94mm \pm 3.9 n=25), hembras (52.8mm \pm 2.82 n=21) (Figura 14), carapacho con el surco medio anterior, posterior y transversal es inmaculado (Figura 15 a); presenta granulación gruesa y densa en la parte anterior y hacia la parte media (Figura 15b). Pedipalpos quillas granuladas y crenuladas (Figura 15 c,d), manos globosas (proporción largo/ancho=1.87) con quillas lisas (Figura 15 e); en las hembras son más redondeadas (proporción largo/ancho =1.73 mm) con quillas crenuladas bien desarrolladas, (Figura 15 f). Terguitos con quillas dorsales pigmentadas (Figura 15 g); la placa basal de los peines en machos es rectangular (proporción ancho/largo =1.69) con el borde posterior ligeramente redondeado, conteo de dientes pectinales de 23-27 (moda 24 n=50) (Figura 16 a); en hembras la placa basal de los peines es subcuadrangular, (proporción ancho/largo =1.59), el borde posterior es redondeado, conteo de dientes pectinales de 21-24 (moda 22, n=102) (Figura 16 b). Metasoma con quillas aserradas (Figura 16 c), machos con quillas lisas en el segmento metasomal V (Figura 16 d), hembras con el segmento metasomal V más ancho, con las quillas crenuladas a lisas (Figura 16 e).



Figura 14. Habitus de *Centruroides* sp. 2 "Nayarit" a) Vista dorsal del macho, b) Vista ventral de macho; c) Vista dorsal de hembra, d) Vista ventral de hembra. Barra de escala = 5 mm.

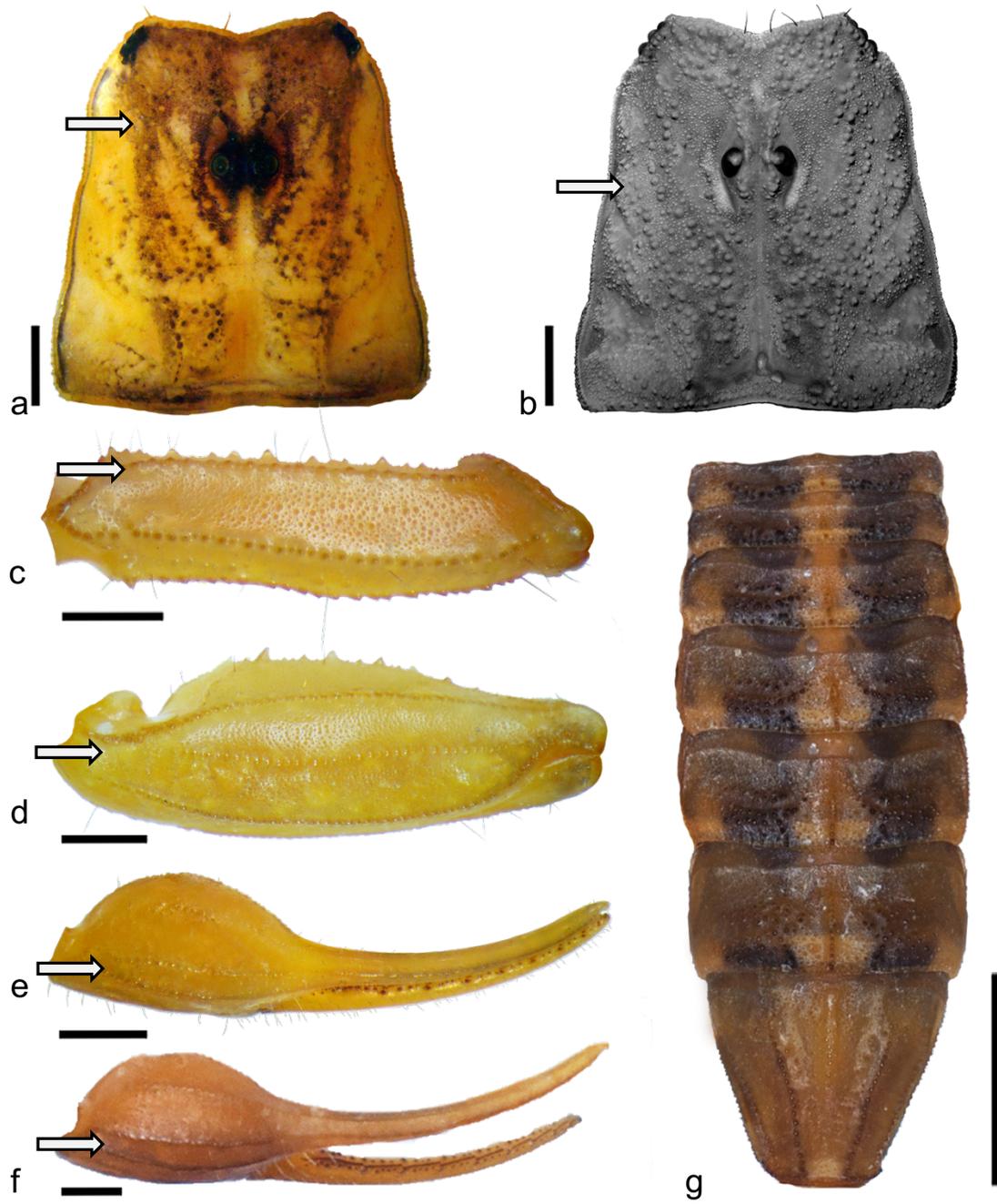


Figura 15. Características diagnósticas de *Centruroides* sp. 2 "Nayarit", a) Pigmentación de carapacho, b) Granulación de carapacho; c) Fémur vista dorsal; d) Patela vista dorsal; e) Mano de macho vista dorsal; f) Mano de hembra, vista dorsal, barra de escala= 1mm; g) Mesosoma, terguitos barra de escala= 5mm.

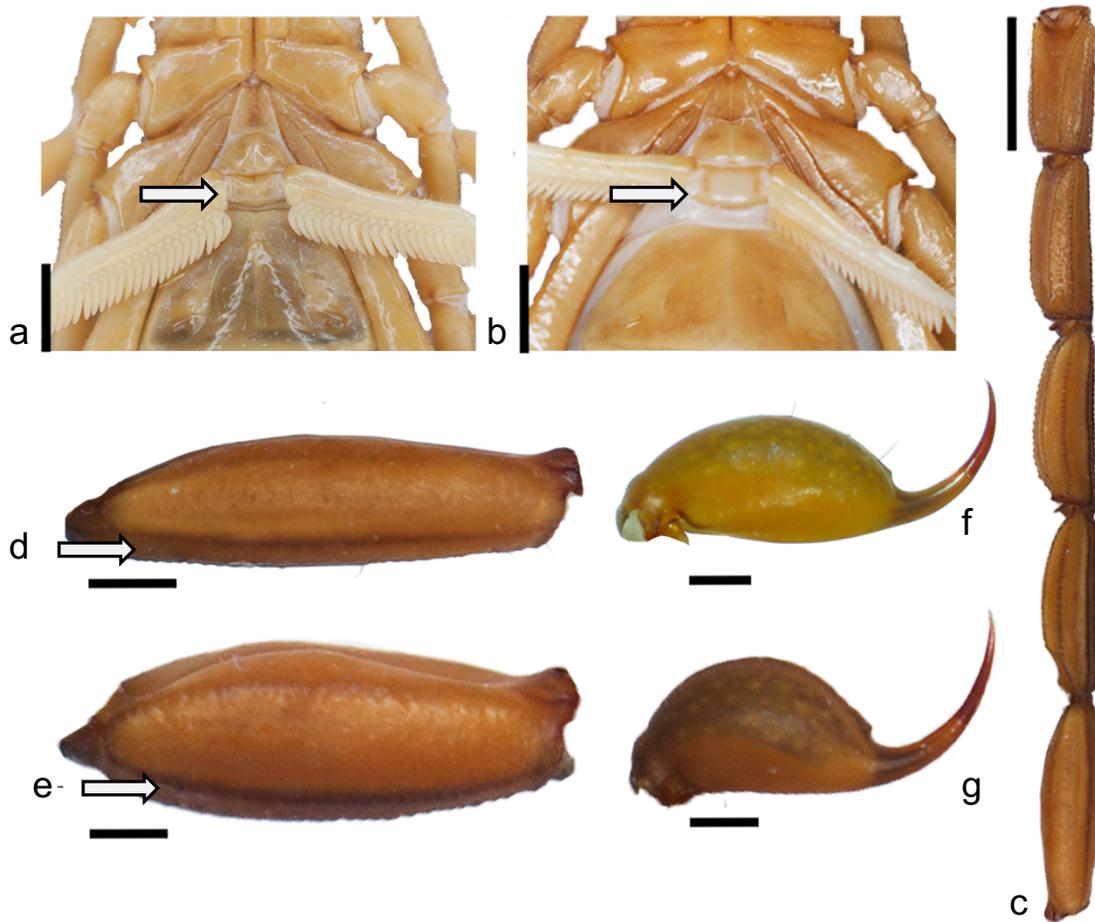


Figura 16. Características diagnósticas de *Centruroides* sp. 2 "Nayarit", a) Base pectinal macho, b) Base pectinal hembra V de macho, barra de escala = 1 mm; c) Metasoma V de macho, barra de escala = 5 mm; d) Segmento metasomal e) Segmento metasomal V de hembra; f) Vesícula de macho vista lateral; g) Vesícula de hembra vista lateral V de macho, barra de escala = 1 mm.

Hemiespermatóforo ancho, con la quilla basal delgada, diente basal espiniforme reducido, tronco angosto en la parte anterior y ensanchado hacia la flexión del pie, quilla externa del pedicelo bien esclerotizada y desarrollada, lámina interna del pedicelo es ancha (Figura 17).

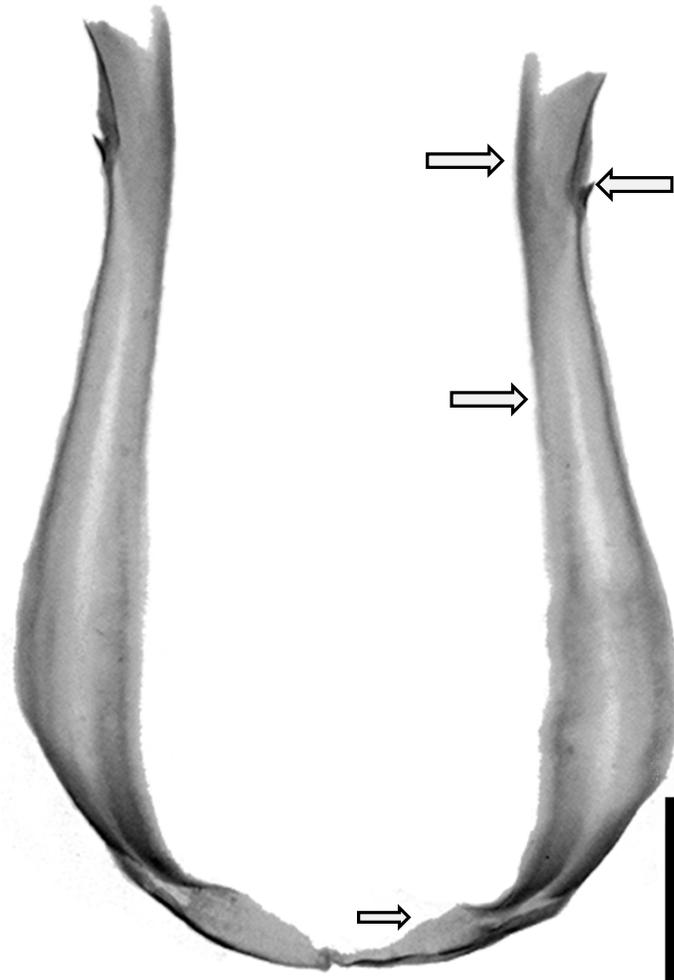


Figura 17. Hemiespermatóforo de *Centruroides* sp. 2 "Nayarit" barra de escala 1 = mm.

En el estado de Zacatecas de acuerdo con (Hoffmann1932; Stahnke y Calos 1977; Keegan, 1978; Stahnke, 1978; Fet *et al.*, 2000; Armas y Martín-Frías, 2008; González-Santillán y Possani, 2018; Contreras Félix *et al.*, 2020); se reportó a *Centruroides infamatus*. En el municipio de Jalpa, al sur del estado se localizó a una población que a diferencia de *C infamatus* presenta la granulación del carapacho gruesa y más abundante; la placa basal de los peines es más ancha (proporción ancho/largo 1.7) conteo de dientes pectinales es más alto 22-25, mientras que en *C infamatus* es ligeramente más angosta, es 1.9 veces más ancha que larga el conteo de dientes pectinales es más menor 21-23; tienen apariencia de “cola delgada”, los segmentos metasomales son cuatro veces más largos que altos, en el segmento V las quillas son débiles, mientras que en *C infamatus* son apenas tres veces más largos que altos, en el segmento metasomal V las quillas solo son visibles por pigmento. En este mismo estado se ubica a dos especies del género *Centruroides* que pertenecen al “grupo infamatus”, una de ellas es *Centruroides vittatus* que se distribuye al norte del estado y se extiende hacia Coahuila, Chihuahua y Nuevo León; se diferencia de esta especie por ser animales de apariencia robusta, mientras que en *C vittatus* son animales de apariencia esbelta; el surco medio anterior, posterior y transversal son immaculados, mientras que *C vittatus* presenta una pigmentación intensa en la parte anterior del carapacho que se extiende hacia los ojos laterales y posteriormente en diagonal hacia los lados del surco medio posterior formando un triángulo; la placa basal de los peines es subrectangular (proporción ancho/largo = 1.7) el borde anterior es convexo y el posterior es recto, el conteo pectinal es menor (22-25) mientras que en *C vittatus* la placa basal de los peines es subcuadrangular, (proporción ancho/largo = 1.5) el borde anterior es recto y el posterior es curvado, el conteo de dientes pectinales es más alto (27-30); la vesícula es ovalada 2.1 veces más larga que alta y el tubérculo subaculear es cónico reducido, mientras que en *C vitattus* es 2.5 veces más larga que alta y el tubérculo subacuelar es cónico y más desarrollado con orientación hacia la punta del aguijón. En el estado de Zacatecas también se reporta a *Centruroides suffusus*, se diferencia de esta especie por ser de apariencia robusta (proporción largo de mesosoma/largo de metasoma 2.08), mientras que en *C suffusus* es esbelta y alargada (proporción

largo metasoma/largo mesosoma 2.70); la placa basal de los peines presenta el borde anterior convexo y el posterior es recto, mientras que en *C suffusus* el borde anterior es recto, el posterior es curvado, y presenta un par de “spits”; el segmento metasomal V es más corto y más alto (proporción largo/alto= 3.8), mientras que en *C suffusus* el segmento es delgado y alargado, de 4.5 a 5 veces más largo que alto; la vesícula es redondeada proporción largo/alto (2.1), mientras que en *C suffusus* la vesícula es ligeramente más ovalada, proporción largo/alto (2.26); el tubérculo subaculear es cónico y reducido, mientras que en *C suffusus* es ligeramente más desarrollado y más cercano a la base del aguijón.

La población que denominamos *Centruroides* sp. 1 “Sinaloa” difiere de esta por ser animales más grandes entre 58 a 63 mm, mientras que *C. sp. 1* “Sinaloa” son de menor tamaño de 44 a 49 mm; el carapacho presenta el surco medio anterior, posterior y transversal inmaculado, así como pigmentación irregular en las áreas lateroposteriores, mientras que en *C. sp. 1*, solo es inmaculado el surco posterior, el transversal y además las áreas lateroposteriores; el conteo de dientes pectinales es de 22-25 mientras que en *C. sp. 1* es más alto 23-27; las manos del pedipalpo son ligeramente más ovaladas (proporción largo/ancho=1.8), mientras que en *C. sp. 1* son redondeadas (proporción largo/ancho= 1.9), el segmento metasomal V es más alto (proporción largo/alto=3.8), mientras que en *C. sp. 1* es más delgado, cuatro veces más largo que alto (proporción largo/alto= 4); la vesícula es ovalada (proporción largo/alto= 2.1), mientras que en *C. sp. 1* es ligeramente más alargada (proporción largo/alto= 2.3).

La población que denominamos *Centruroides* sp. 2 de “Nayarit”, difiere de esta por tener la granulación del carapacho, que es gruesa y dispersa, mientras que *C. sp. 2* es gruesa y densa; la placa basal es ligeramente convexa y la muesca es poco pronunciada, el borde posterior es recto, conteo de dientes pectinales es menor 22-25, mientras que en *C. sp. 2* la placa basal de los peines es casi recta en el borde anterior con una muesca pronunciada, conteo de dientes pectinales es más alto 23-27, el borde posterior es ligeramente recurvado en la zona media; segmento metasomal V es más alto (proporción largo/alto =3.9), mientras que *C. sp. 2* es más corto (proporción largo/alto =3.3).

Por lo anterior se concluye que la población de Jalpa Zacatecas corresponde a un taxón aún no descrito al que se denominó *Centruroides* sp. 3. Se presenta su diagnóstico.

Diagnóstico de *Centruroides* sp. 3 (Jalpa)

Distribución conocida: Zacatecas México.

Material Revisado:

CAFBUM 3♂, 2 juveniles, 15♀, 5 juveniles, Colonia Linda vista, Mpio: Jalpa, Zacatecas, 21.6601N, -102.9710W, 1427msnm, 4.X.2020, Cols: W. Linares, M. Ramírez, F. Morales, S. Montañez, F. Chávez. CNAN 1♀, Jalpa, Zacatecas, 21.64030N, -102.98037W, 1412msnm, 1982, Cols: A. Durán.

Alacranes medianos para el género 58-63 mm machos ($60.15 \text{ mm} \pm 2.73$, $n=3$) hembras ($53.08\text{mm} \pm 1.86\text{mm}$ $n=15$) (Figura 18); Carapacho con pigmentación muy fina en la parte anterior (Figura 19 a); con granulación gruesa y dispersa cerca del borde anterior, en la parte media y hasta la parte posterior, (Figura 19 b). Fémur con quillas granuladas a crenuladas (Figura 19 c), patela con quillas crenuladas (Figura 20 c), manos de los machos con quillas crenuladas a lisas (Figura 19 d) en las hembras están ligeramente más desarrolladas (Figura 19 e). Placa basal de los machos rectangular (proporción ancho/largo 1.77), conteo de dientes pectinales de 22-25 (moda 24 $n=10$) (Figura 20 a), la placa basal de los peines en las hembras presenta el borde posterior redondeado, conteo pectinal de 21-24 (moda 22 $n=42$) (Figura 20 b). Metasoma con segmentos alargados, proporciones largo-alto, (I: 2.3, II:3.03, III:3.35, IV: 3.57, V: 3.86), de 2.3 a 3.9 veces más largos que altos (Cuadro 7), en los segmentos I-V las quillas dorsolaterales son granuladas en (Figura 20 c). Machos con el segmento metasomal V con quillas débiles a muy débiles (Figura 20 d); en las hembras son evidentes en la base (Figura 20 e). Hemiespermatóforo con quilla basal delgada, diente basal espiniforme y reducido, tronco angosto, pedicelo con lámina interna poco desarrollada (Figura 21).

Cuadro 7. Proporción largo/alto de los segmentos metasomales I-V de *Centruroides* sp. 3.

	L/A_SEGI	L/A_SEGII	L/A_SEGIII	L/A_SEGIV	L/A_SEGV
	2.35	3.03	3.35	3.66	3.68
	2.27	3.00	3.15	3.25	4.28
	2.30	3.05	3.55	3.80	3.62
MEDIA	2.31	3.03	3.35	3.57	3.86

En el estado de Michoacán también se registra a *Centruroides infamatus* (Hoffmann 1932; Beutelspacher, 2000; Fet *et al.*, 2000; Armas y Martín-Frías, 2008; Ponce-Saavedra y Francke, 2009; Ponce-Saavedra y Francke 2013; Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra, 2014; Quijano-Ravell y Ponce-Saavedra, 2016; González-Santillán y Possani, 2018; Esposito *et al.*, 2018; Quijano-Ravell *et al.*, 2019; Contreras Félix *et al.*, 2020), en los municipios de Uruapan, Los Reyes y Peribán se encontraron poblaciones que a diferencia de *C infamatus* presenta una muesca tenue en el borde anterior del carapacho, en *C infamatus* está ausente; la patela con la quilla media finamente granulada y completa, mientras que en *C infamatus* la quilla es de crenulada a granulada pero es incompleta en la parte proximal; la placa basal de los peines tiene el borde anterior casi recto con una muesca tenue, el borde posterior es recto, conteo de dientes pectinales es mayor 22-25, mientras que en *C infamatus* el borde anterior es ligeramente convexo con una muesca ligeramente más pronunciada, el borde posterior es recto y el conteo pectinal es menor 21-23; el segmento metasomal V tiene quillas dorsolaterales fuertes, bien desarrolladas y completas, mientras que en *C infamatus* son vestigiales.

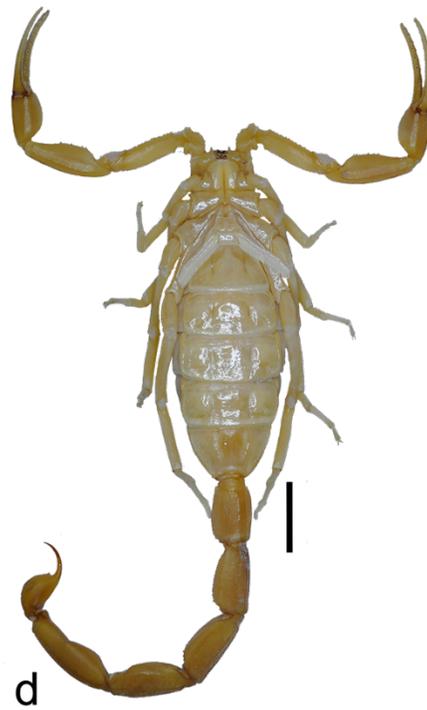
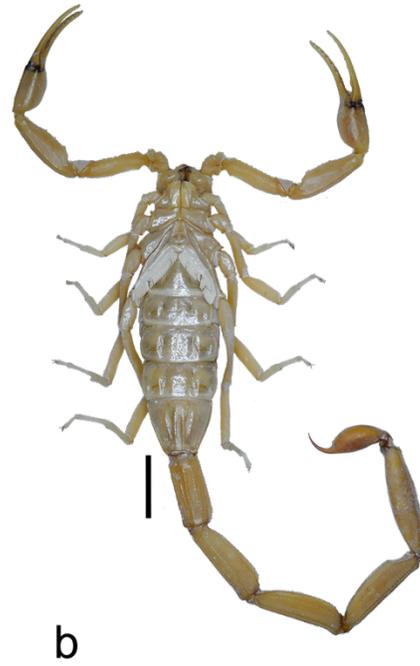


Figura 18. Habitus de *Centruroides* sp. 3 “Jalpa”, a) Vista dorsal del macho, b) Vista ventral de macho; c) Vista dorsal de hembra, d) Vista ventral de hembra. Barra de escala = 5 mm

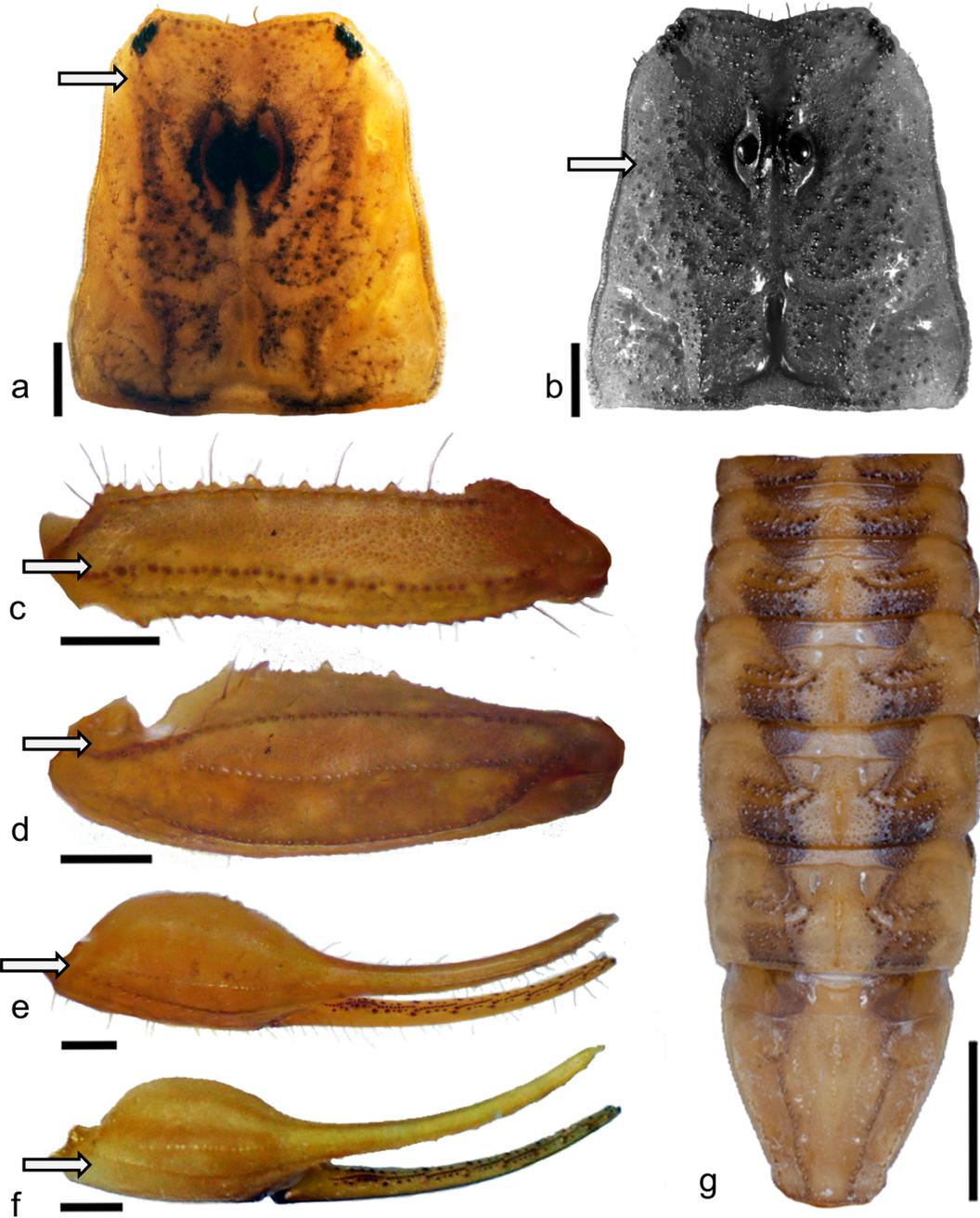


Figura 19. Características diagnósticas de *Centruroides* sp. 3 “Jalpa”, a) Pigmentación de carapacho, b) Granulación de carapacho; c) Fémur vista dorsal; d) Patela vista dorsal; e) Mano de macho vista dorsal; f) Mano de hembra, vista dorsal, barra de escala = 1 mm; g) Mesosoma, tergitos barra de escala = 5 mm.

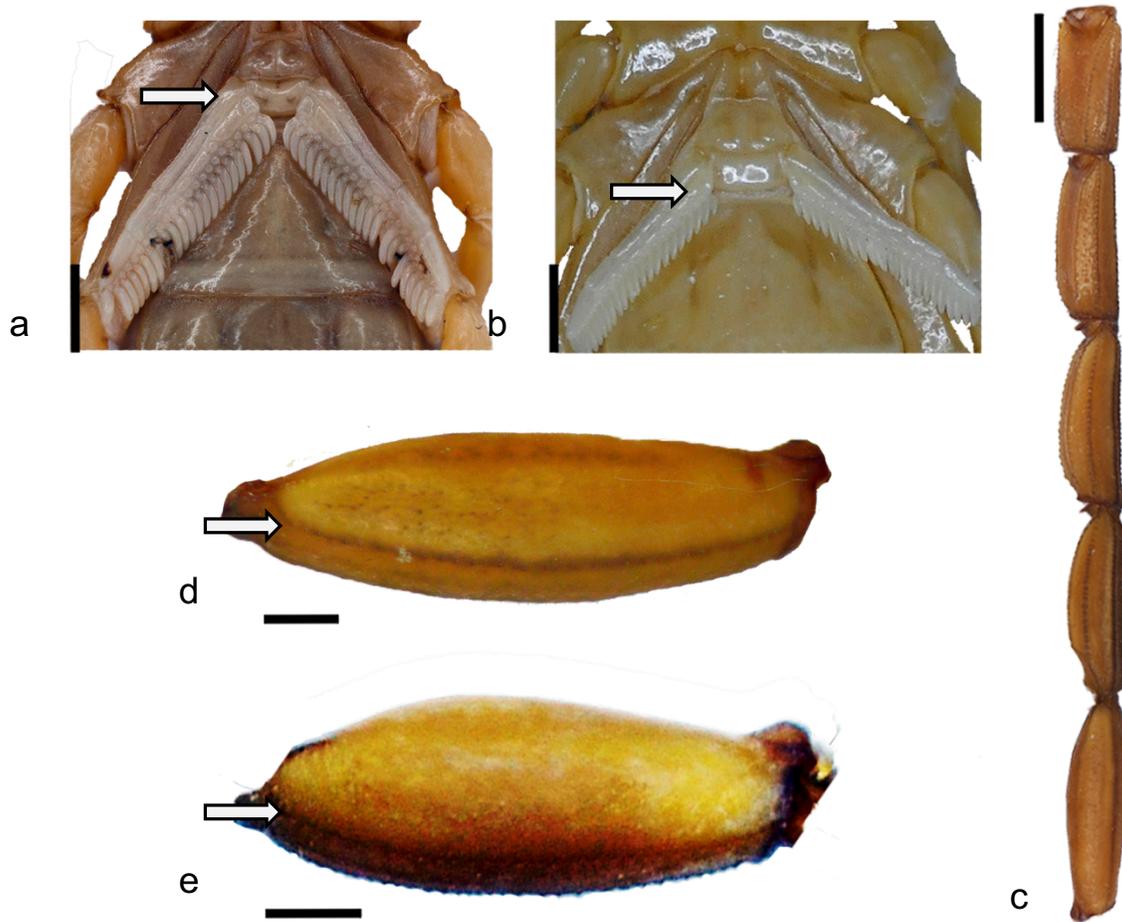


Figura 20. Características diagnósticas de *Centruroides* sp. 3 "Jalpa", h) Base pectinal macho, i) Base pectinal hembra; j) Metasoma, k) Segmento metasomal V de macho barra de escala = 1 mm, l) Segmento metasomal V de hembra barra de escala = 5 mm.

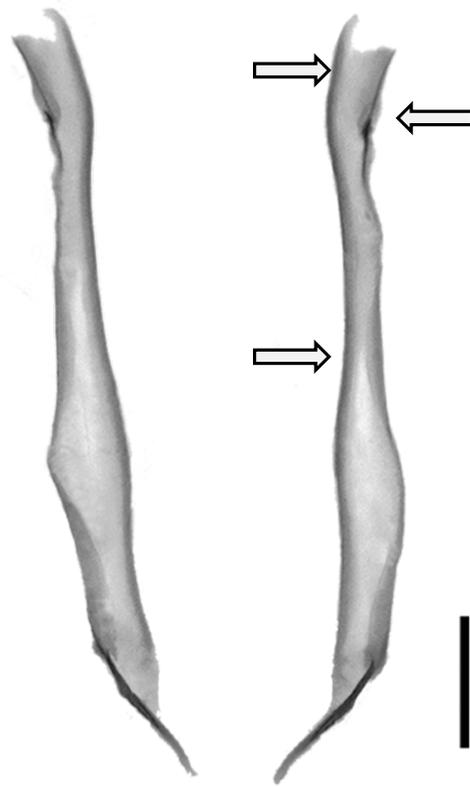


Figura 21. Hemiespermatóforo de *Centruroides* sp. 3 “Jalpa”, barra de escala = 1 mm.

Del subgrupo “infamatus” en el estado de Michoacán se ubican a tres especies, *Centruroides ruana*, *Centruroides ornatus* y *Centruroides romeroi*, esta última se registra únicamente en la comunidad de “La nieve”, en la sierra de Coalcomán, al oeste del estado Michoacán a 2900 msnm, esta se distingue de *C. romeroi* por ser animales más grandes 51 a 63 mm mientras que *C. romeroi* es la especie más pequeña del subgrupo con 33-45mm, el carapacho presenta áreas immaculadas a los lados de los ojos medios y en el surco medio anterior, posterior y transversal, mientras que *C. romeroi* presenta una pigmentación más uniforme en el carapacho, desde la parte anterior que se ensancha hacia los ojos laterales y forman una banda a lo largo del carapacho hasta la quilla media posterior; el conteo de dientes pectinales es más alto 21-25 (moda=23), en *C. romeroi* es menor 20-22 (moda=21).

El segmento metasomal V es más alargado (proporción largo/alto= 3.2) veces más largo que alto, mientras que en *C romeroi* es apenas tres veces el largo que el alto. El tubérculo subaculear es cónico y reducido, mientras que en *C romeroi* es cónico, más desarrollado y con orientación hacia la punta del aguijón.

Otra de las especies que se distribuye al noroeste del estado de Michoacán en la tierra caliente es *Centruroides ruana*, se diferencia de esta por tener el carapacho con una granulación densa, mientras que en *C ruana* es más dispersa; la placa basal de los peines es subrectangular casi dos veces más ancha que larga (proporción ancho/largo 1.9), con el borde anterior casi recto, presenta una muesca tenue el conteo de dientes pectinales es menor 21-25 (moda=23), mientras que *C ruana* presenta la placa basal de los peines de forma subcuadrangular apenas 1.5 veces más ancha que larga, (proporción ancho/largo 1.5), además es cóncava y lobulada, el conteo de dientes pectinales es más alto 24-26 (moda= 25), el metasoma con quillas menos desarrolladas, el segmento metasomal V es más corto 2.45 veces más largo que alto (proporción largo/alto= 2.45), en *C. ruana* las quillas del metasoma están bien desarrolladas y el segmento metasomal V es más largo casi tres veces más largo que alto (proporción largo/alto= 2.84); la vesícula es ovalada ligeramente más alargada, proporción largo/alto (1.98 mm), mientras que en *C. ruana* la vesícula es redondeada, proporción largo/alto (1.90 mm). Otras poblaciones de *Centruroides* que se ubican en la región de tierra caliente del estado de Michoacán, en los municipios de Tepalcatepec, Buena vista, Apatzingán, Páracuaro y Gabriel Zamora se determinaron como *Centruroides aff. ruana*.

La otra especie del “grupo infamatus” que se distribuye al noroeste del estado es *Centruroides ornatus*, y se diferencia de esta , por ser animales más grandes 46-63 mm, mientras que en *C ornatus* son animales de menor tamaño 40-50 mm; la pigmentación del carapacho presenta áreas inmaculadas a los lados de los ojos medios, además del surco medio anterior, posterior y transversal, mientras que en *C ornatus*, la pigmentación del carapacho es más difusamente pigmentada; en el mesosoma las bandas oscuras son casi del mismo grosor que la banda mesal clara, mientras que en *C. ornatus* las bandas mesales oscuras son más gruesas que la banda mesal clara; la placa basal de los peines es casi recta en el borde

anterior, el conteo pectinal más alto 21-24(mod=23), la placa basa de los peines en *C ornatus* el borde anterior es recto, el conteo pectinal es más bajo 19-22 (moda=21), el tubérculo subaculear es cónico y reducido, mientras que en *C ornatus* el tubérculo subaculear es ligeramente más desarrollado. Otras poblaciones revisadas que se ubican al norte del estado de Michoacán en los municipios de Álvaro Obregón, Charo, Comanja, Cuitzeo, Cuto de la esperanza, Ecuandureo, Huandacareo, Indaparapeo, Jacona, Jiquilpan, La piedad, Morelia, Puruándiro, Sahuayo, Tarímbaro, Tiripetío, Venustiano Carranza, Yurécuaro, Zacapu, Zamora, Zinapécuaro, se determinaron como *Centruroides ornatus*.

La población que denominamos como *Centruroides* sp. 1 de "Sinaloa" difiere de esta por ser animales más grandes (46-63 mm), mientras que en *C. sp. 1* son de tamaño menor (44-49mm); en el carapacho presenta pigmentación irregular en las áreas lateroposteriores, mientras que en *C. sp. 1*, esta área es inmaculada; las manos son ovaladas, un poco más dos veces más largas que anchas (proporción largo/ancho =2.09), mientras que en *C. sp. 1* son redondeadas apenas 1.7 veces más larga que ancha (proporción largo/alto =1.7), son conteo de dientes pectinales es más bajo (22-25 moda=23), mientras que en *C. sp. 1* es más alto (23-27, moda=24) el borde posterior del esternito V es recto, mientras que en *C. sp. 1* es curvado; el segmento metasomal V es más alto, (proporción largo/alto=3.2) con quillas desarrolladas solo en la parte proximal, mientras que en *C. sp. 1* es cuatro veces más largo que alto (proporción largo/alto= 4) con las quillas bien desarrolladas, la vesícula es más redondeada, dos veces más larga que alta, mientras que en *C. sp. 1* es ovalada 2.29 veces más larga que alta.

La población que denominamos como *Centruroides* sp. 2 "Nayarit", del estado de Nayarit que difiere de esta por presentar el carapacho gruesa y dispersa, mientras que *C. sp. 2* con una granulación irregular y densa; las manos de los pedipalpos la placa basal de los peines es más larga (proporción largo/alto = 1.83) el conteo de dientes pectinales es menor (22-25 moda=23), mientras que en *C. sp. 2* es ligeramente más corta (proporción largo/alto = 1.69) el conteo pectinal es más alto (23-27 moda=24); la vesícula es ligeramente más redondeada (largo/alto=2.03), mientras que en *C. sp. 2* es más pequeña (largo/alto= 1.98).

La población que denominamos como *Centruroides* sp. 3 “Jalpa” del estado de Zacatecas difiere de esta por tener una granulación gruesa y dispersa, mientras que en *C. sp. 3* la granulación es más densa; la placa basal de los peines rectangular (proporción ancho/largo =1.83) con los bordes anterior y posterior casi rectos, conteo de dientes pectinales es de 22-25 (moda 23) mientras que en *C. sp. 3* es subcuadrangular (proporción ancho/largo 1.77) el borde anterior es casi recto, conteo de dientes pectinales es de 22-25 (moda 24); en las manos, estas son ovaladas (largo/ancho =1.96), las quilla digital y dorsal secundaria crenuladas bien desarrolladas; mientras que en *C. sp. 3* son ligeramente más redondeadas (largo/ancho =1.82) y las quillas son menos desarrolladas y son de crenuladas a lisas; en segmento metasomal V es más largo (proporción largo/alto= 3.86) mientras que en *C. sp. 3* es más corto (proporción largo/alto=3.24); la vesícula es más pequeña (proporción largo/alto = 1.98), mientras que es más grande en *C. sp. 3* (proporción largo/alto=2.15). Por lo anterior se concluye que las poblaciones de esta región del estado de Michoacán corresponden a un taxón aún no descrito. Se presenta su diagnosis.

Diagnosis de *Centruroides* sp. 4 (Michoacán)

Distribución conocida: Michoacán de Ocampo

Material revisado:

CAFBUM 5♂, 5♀, Peribán, Municipio de Peribán de Ramos, 19.52231N, -102.4181623W, 1623 msnm; Cols: N. Pérez. 5♂, 5♀, Los Reyes, Municipio de los Reyes de Salgado, Mich, 19.58848N, -102.4758W, 1300 msnm; Cols: J Moreno, J. A. Nila. J. Ponce. 5♂, 5♀, Tejerías, Municipio de Uruapan, 19.3916N, -102.0062W, 1602 msnm; Cols: M. Castillo. 5♂, 5♀, Zumpimito, Municipio de Uruapan, 19.3719N, -102.0591W, 1576 msnm; Cols: J Ponce, A. Zepeda. 2♂, 4♀, Palito Verde, Municipio de Uruapan, 19.40289N, -102.0728W, 1674 msnm, Cols: J. Ponce, E. Oliveros, W Linares, J. A. Álvarez. 5♂, 5♀, Cerro de la Cruz, Municipio de Uruapan -.XII.2010, 19.4401N, -102.0515W, 1809 msnm, Cols: H. Sánchez. 5♂, 5♀, Barranca de

Cupatitzio, Municipio de Uruapan, 19.4284N -102.0771W, 1702 msnm, Cols: L Gaona, V. Guzmán, J Ponce, L. D. Álvarez.

Especie de tamaño mediano para el género (46-63 mm); se observaron machos sexualmente maduros de dos tamaños, “pequeños” (46.4mm \pm 2.55 n=5) y los “grandes” (55.63mm \pm 3.23, n=32); Hembras (49.16 \pm 2.37 n=34) (Figura 22). Carapacho con muesca tenue en el borde anterior del carapacho (Figura 23a), con granulación gruesa y dispersa que se extiende hacia los ojos laterales y posteriormente hacia los ojos medios (Figura 23b). Pedipalpos y patas immaculados (Figura 23 c, d, e, h); patela con la quilla media finamente granulada y completa (Figura 23 d); mano ovalada en machos (proporción largo/ancho =1.96), las quilla digital y dorsal secundaria bien desarrolladas (Figura 23 e), la ventroexterna está muy desarrollada y es lisa (Figura 23 f); la mano de la hembra es ligeramente más redondeada (proporción largo/ancho =1.82) (Figura 23 g). Placa basal de los peines rectangular (proporción ancho/largo =1.83) con los bordes anterior y posterior casi rectos, conteo de dientes pectinales en machos 22-25 (moda 23 n=64) (Figura 24a); en hembras la placa basal de los peines es subcuadrangular (proporción ancho/largo 1.78) con el borde posterior redondeado, conteo de dientes pectinales de 20-23 (moda 22 n=68) (Figura 24 b). Surco presente en los esternitos III-V (Figura 24 c). Metasoma immaculado (Figura 24 d), surco medio dorsal profundo en los segmentos metasomales III-V (Figura 24 e, f), segmento metasomal V es alto (2.45 \pm 0.15 n=32) con quillas dorsolaterales fuertes, bien desarrolladas y completas (Figura 24 g); vesícula pequeña, alargada en machos (largo =3.69 \pm 0.31 mm y proporción largo/alto =1.98) (Figura 24 h), en hembras es más redonda (proporción largo/alto =1.66) (Figura 24 i). Hemiespermatóforo con quilla basal larga y delgada, diente basal grande bien desarrollado en forma de gancho, tronco angosto en la parte anterior y ensanchado hacia la flexión del pie, pedicelo con lámina interna angosta (Figura 25).

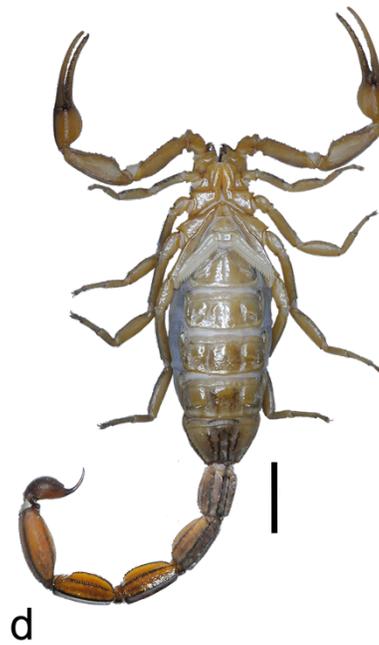
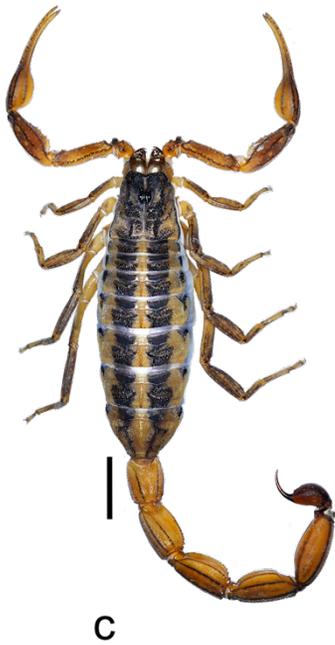


Figura 22. Habitus de *Centruroides* sp. 4 Michoacán, a) Vista dorsal del macho, b) Vista ventral de macho; c) Vista dorsal de hembra, d) Vista ventral de hembra. Barra de escala = 5 mm

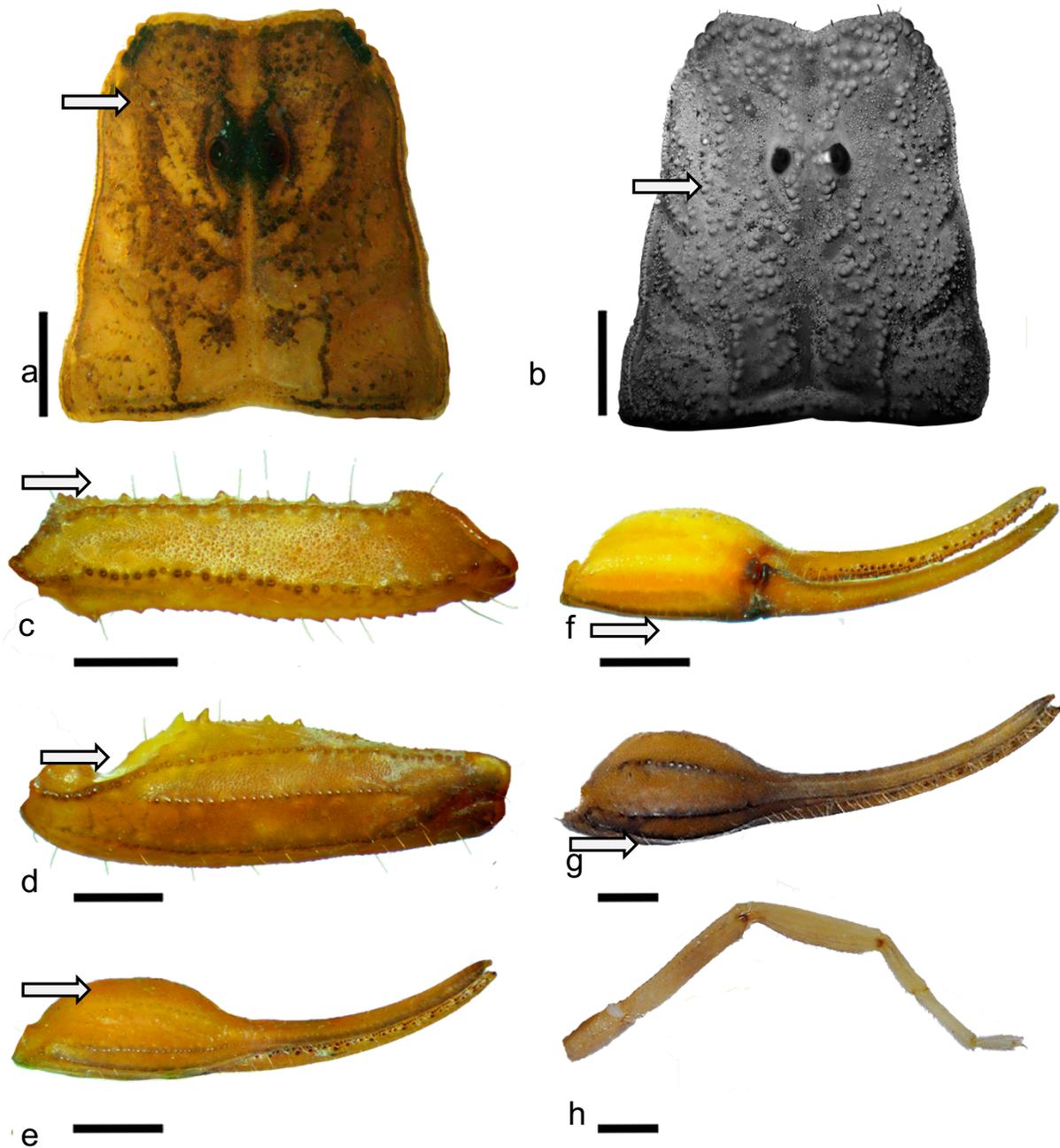


Figura 23. Características diagnósticas de *Centruroides* sp. 4 "Michoacán", a) Pigmentación de carapacho, b) Granulación de carapacho; c) Fémur vista dorsal; d) Patela vista dorsal; e) Mano de macho vista dorsal; f) Mano de macho, vista ventral; g) Mano de hembra, vista dorsal, h) Pata vista lateral, barra de escala = 1 mm.

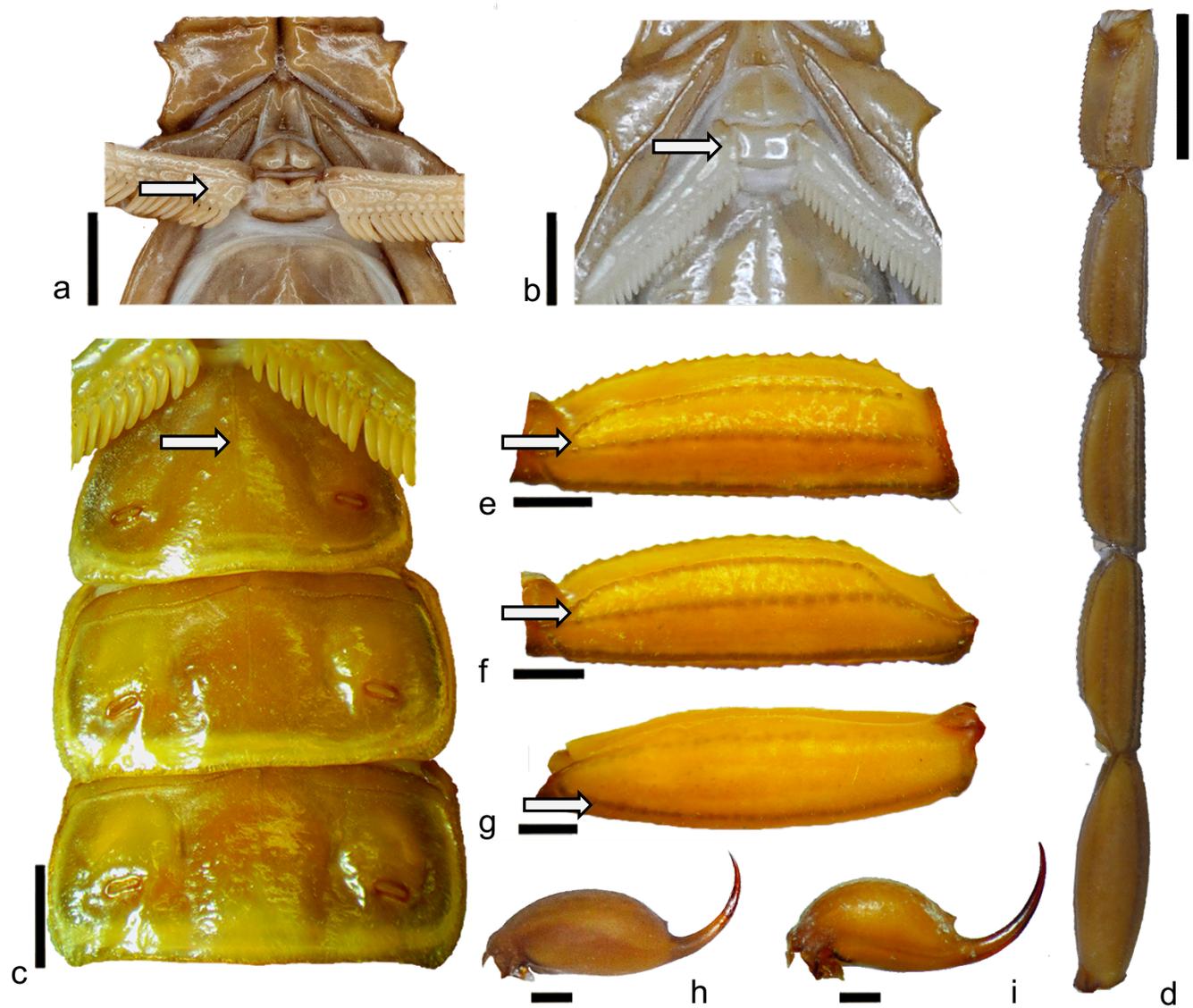


Figura 24. Características diagnósticas de *Centruroides* sp. 4 "Michoacán", a) Base pectinal macho, b) Base pectinal hembra; c) Esternito III, IV, V barra de escala = 1 mm; d) Metamosa, barra de escala = 5 mm; e) Segmento metasomal III vista lateral, f) Segmento metasomal IV vista lateral, g) Segmento metasomal V vista lateral, h) Vesícula de macho vista lateral, i) Vesícula de hembra vista lateral barra de escala = 1 mm.

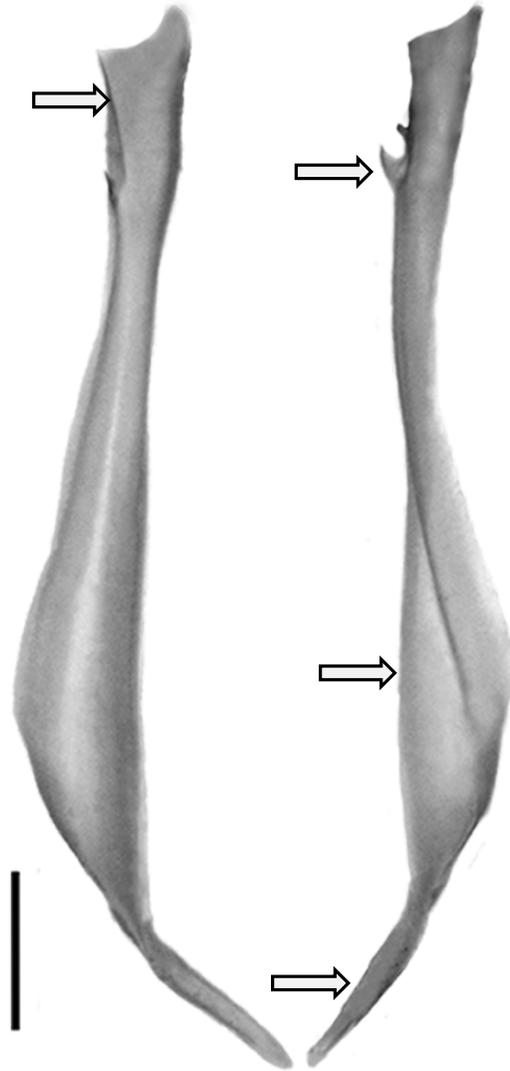


Figura 25. Hemispermatóforo de *Centruroides* sp. 4 “Michoacán”, barra de escala = 1 mm.

En el estado de Aguascalientes se ha reportado a *Centruroides infamatus* (Beutelspacher, 2000; Fet et al., 2000; Ponce-Saavedra y Francke 2013; González-Santillán y Possani, 2018) no se precisan localidades, solo mencionan el estado. En salida a campo se visitó la localidad de “Balneario la cueva” y la presa “Malpaso” en el municipio de Calvillo al oeste del estado.

Estos animales son muy similares a *Centruroides infamatus*, pero son de tamaño más pequeño (47-54 mm), mientras que *C. infamatus* alcanza los 60 mm, las manos del pedipalpo son redondeadas 1.7 veces más larga que ancha, las quillas digital y digital secundaria son menos desarrolladas el área interna de la mano es curvada, mientras que en *C. infamatus* son más ovaladas, dos veces más largas que anchas, las quillas digital y digital secundaria están bien desarrolladas, el área interna se observa “aplanado”; las patas con microsetas rojizas, dispersas en la superficie, mientras que en *C. infamatus* las microsetas son negras y más densas en la superficie; la placa basal de los peines subrectangular 1.75 veces más ancha que larga (proporción ancho/largo = 1.75), con una muesca evidente en el borde anterior, conteo de dientes pectinales 23-24 (moda=23 n=16), mientras que en *C. infamatus* casi dos veces más ancha que larga, (proporción ancho/largo 1.89) con una muesca media más reducida en el borde anterior de la placa, el conteo de dientes pectinales es menor 21-23 (moda 22; n=74); el segmento metasomal IV con la quilla ventral lateral lisas, solo visibles por pigmento, mientras que en *C. infamatus* la quilla es aserrada, el segmento metasomal V presenta quillas ventrolaterales son débiles pero se aprecian hasta más de la mitad del segmento, mientras que en *C. infamatus* las quillas son lisas y solo son visibles por pigmento; , vesícula globosa 1.8 veces más larga que alta (proporción largo/ alto =1.86), mientras que en *C. infamatus* es ovalada, dos veces más larga que alta (proporción largo/ alto =2.01).

Esta población es parecida a *Centruroides suffusus*, pero son de tamaño más pequeño (47-54 mm), mientras que *C. suffusus* mide hasta 90 mm; tiene apariencia robusta (proporción largo de mesosoma/largo de metasoma 1.98), mientras que en *C. suffusus* es esbelta y alargada (proporción largo metasoma/largo mesosoma 2.70); la placa basal de los peines es recta en el borde posterior, mientras que *C. suffusus* la placa basal de los peines presenta en borde posterior curvado; el

segmento metasomal V es más largo y más alto (proporción largo/alto= 3.2), mientras que en *C suffusus* el segmento es delgado y alargado, de 4.5 a 5 veces más largo que alto; la vesícula es redondeada (proporción largo/alto 1.8), mientras que en *C suffusus* la vesícula es más ovalada, proporción largo/alto (2.26); el tubérculo subacuelar es cónico reducido y más alejado de la base del aguijón, mientras que en *C suffusus* está más desarrollado y más cercano a la base del aguijón; además se distribuye al norte del país en los estados de Durango, Coahuila, Sinaloa.

Esta especie es parecida a *Centruroides vittatus* el carapacho presenta el surco medio anterior y posterior immaculados, mientras que *C vittatus* presenta una pigmentación intensa en la parte anterior hacia el surco medio posterior formando un triángulo, la placa basal de los peines es subrectangular (proporción ancho/largo = 1.7) el borde anterior con una muesca evidente el posterior es recto, el conteo pectinal es menor (23-24);, mientras que en *C vittatus* la placa basal de los peines es subcuadrangular, (proporción ancho/largo = 1.5) el borde anterior es recto con una muesca reducida, el borde posterior es curvado, el conteo de dientes pectinales es más alto (27-30), la vesícula es globosa 1.8 veces más larga que alta, el tubérculo subacuelar es cónico reducido, mientras que en *C vittatus* es 2.5 veces más larga que alta y el tubérculo subacuelar es cónico y más desarrollado con orientación hacia la punta del aguijón; se distribuye al norte del país en los estados de Coahuila, Chihuahua y Nuevo León.

La población que denominamos *Centruroides* sp. 1 "Sinaloa" difiere de esta por ser animales más grandes entre 47 a 54 mm, mientras que *C. sp. 1* "Sinaloa" son de menor tamaño de 44 a 49 mm; el carapacho presenta el surco medio anterior y posterior immaculado, así como pigmentación irregular en las áreas lateroposteriores, mientras que en *C sp. 1*, es immaculado el surco posterior, transversal y áreas lateroposteriores; el conteo de dientes pectinales es de 23-24 mientras que en *C. sp. 1* es más alto 23-27; mientras que en *C. sp. 1* son redondeadas (proporción largo/ancho= 1.9), el segmento metasomal V es más ensanchado (proporción largo/alto=3.1), mientras que en *C. sp. 1* es más delgado, cuatro veces más largo que alto (proporción largo/alto= 4); la vesícula es globosa

(proporción largo/alto= 1.8), mientras que en *C. sp. 1* es alargada (proporción largo/alto= 2.3).

La población que denominamos *Centruroides sp. 2* de “Nayarit”, difiere de esta por que las manos del pedipalpo son reondeadas 1.7 veces más larga que ancha, (proporción largo/ancho = 1.7), mientras que en *C. sp. 2* es más ancha, (proporción largo/ancho = 1.87), la placa basal de los peines es subrectangular 1.75 veces más ancha que larga (proporción ancho/largo = 1.75), con una muesca evidente en el borde anterior, el borde posterior es recto conteo de dientes pectinales 23-24 (moda=23) mientras que en *C. sp. 2* la placa basal de los peines en machos es más angosta (proporción ancho/largo = 1.69) con el borde posterior ligeramente redondeado, conteo de dientes pectinales de 23-27 (moda 24); Segmento metasomal IV con la quilla dorsolaterales lisas, mientras que en *C. sp. 2* son granuladas; el segmento metasomal V presenta quillas ventrolaterales débiles que se aprecian hasta más de la mitad del segmento mientras que en *C. sp. 2* son lisas.

La población que denominamos como *Centruroides sp. 3* “Jalpa” del estado de Zacatecas difiere de esta por ser animales más pequeños entre 47 a 54 mm, mientras que *C. sp. 3* son más grandes de 58 a 63 mm; la granulación del carapacho que es irregular y densa, mientras que en *C. sp. 3* es la granulación es gruesa y dispersa ; placa basal de los peines con una muesca evidente en el borde anterior, conteo de dientes pectinales 23-24 (moda=23), mientras que en *C. sp. 3* la placa basal es ligeramente convexa, con una muesca es poco pronunciada, conteo de dientes pectinales 22-25 (moda 24); el segmento metasomal V presenta quillas dorsolaterales débiles que se aprecian hasta más de la mitad del segmento mientras que en *C. sp. 3* las quillas son muy débiles; vesícula globosa 1.8 veces más larga que alta (proporción largo/ alto =1.86), mientras que en *C. sp. 3* es ovalada dos veces más larga que alta (proporción largo/ alto =2.15).

La población que denominamos como *Centruroides sp. 4* “Michoacán” difiere de esta por ser animales de menor tamaño entre 47 a 54 mm, mientras que *C. sp. 4* son animales ligeramente más grandes 46-63 mm; el carapacho presenta una granulación irregular y densa, mientras que en *C. sp. 4* la granulación es gruesa y

dispersa; las manos del pedipalpo son reondeadas 1.7 veces más larga que ancha, (proporción largo/ancho = 1.7), mientras que en *C. sp. 4* son ovaladas casi dos veces más largas que anchas (proporción largo/ancho = 1.96); placa basal de los peines subrectangular 1.75 veces más ancha que larga (proporción ancho/largo = 1.75), con una muesca evidente en el borde anterior, mientras que en *C. sp. 4* es más ancha y mas corta (proporción ancho/largo =1.83) con los bordes anterior con una muesca más pronunciada; segmento metasomal V es más corto y alargado, menos de dos veces más largo que alto (proporción largo/alto = 1.98), mientras que en *C. sp. 4* es ligeramente más alargado casi 2.5 veces más largo que alto (proporción largo/alto = 2.45); vesícula globosa 1.8 veces más larga que alta, mientras que en *C. sp. 4* la vesicula es ligeramente más alargada dos veces más larga que alta. Por lo anterior se concluye que las poblaciones de Aguascalientes, corresponde a un taxón aún no descrito. Se presenta su diagnóstico.

Diagnosia de *Centruroides sp. 5* (Aguascalientes)

Distribución conocida: Aguascalientes México.

Material revisado:

4♂ 2 juveniles, 7♀ 2 juveniles, Balneario la cueva, Mpio de Calvillo, 21.8127N - 102.8212W, 1758 msnm 09.X.2020, Cols: W. Linares, M. Ramírez, F. Morales, S. Montañez, F. Chávez. 4♂ juveniles, 1♀ 1 juvenil, Presa Malpaso, 21.861135N, - 102.6526W, 1801 msnm 09.X.2020, Cols: W. Linares, M. Ramírez, F. Morales, S. Montañez, F. Chávez. CNAN: 1♀, Aguscalientes, Aguascalientes, Instituto de Higiene.

Alacranes de tamaño mediano para el género (47-54 mm, machos 51.47mm ± 1.88 n=4; hembras 50.30 mm 2.14; n=15) (Figura 26); Carapacho con pigmentación difusa, el surco medio anterior immaculado solo en la parte más profunda del surco, el posterior, las áreas laterales de los ojos medios immaculadas están reducidas (Figura 27 a); la granulación del carapacho es densa e irregular (Figura 27 b); manos reondeadas 1.7 veces más larga que ancha, (proporción largo/ancho = 1.7) (Figura 27 c), en hembras 1.8 veces más larga que ancha (proporción largo/ancho = 1.8)

(Figura 27d); patas con microsetas rojizas, dispersas en la superficie interna, dorsal y externa, la filas ventrales retromedianas con microsetas densas (Figura 27e); placa basal de los peines subrectangular 1.75 veces más ancha que larga (proporción ancho/largo = 1.75), con una muesca evidente en el borde anterior, el borde posterior es recto conteo de dientes pectinales 23-24 (moda=23 n=16) (Figura 28 a), en hembras también está presente una muesca reducida en el borde anterior, el borde posterior es redondeado, conteo de dientes pectinales 21-23 (moda= 22 n=22) (Figura 28 b), Segmento metasomal IV con la quilla dorsolaterales lisas, solo visibles por pigmento (Figura 28 c), el segmento metasomal V presenta quillas dorsolaterales débiles que se aprecian hasta más de la mitad del segmento, vesícula globosa 1.8 veces más larga que alta (proporción largo/ alto =1.86) (Figura 38 d), en hembras es más redonda, apenas 1.64 veces más larga que alta (proporción largo/ alto =1.64) (Figura28 e). Hemiespermatóforo ancho desde la apófisis interna, se mantiene a lo largo del tronco y hasta la flexión del pie, la cuenca formada entre apófisis interna y apófisis externa es poco profunda, el diente basal es espiniforme y está bien desarrollado, la flexión del pie es ancha, al igual que la lámina interna del pedicelo (Figura 28 f).

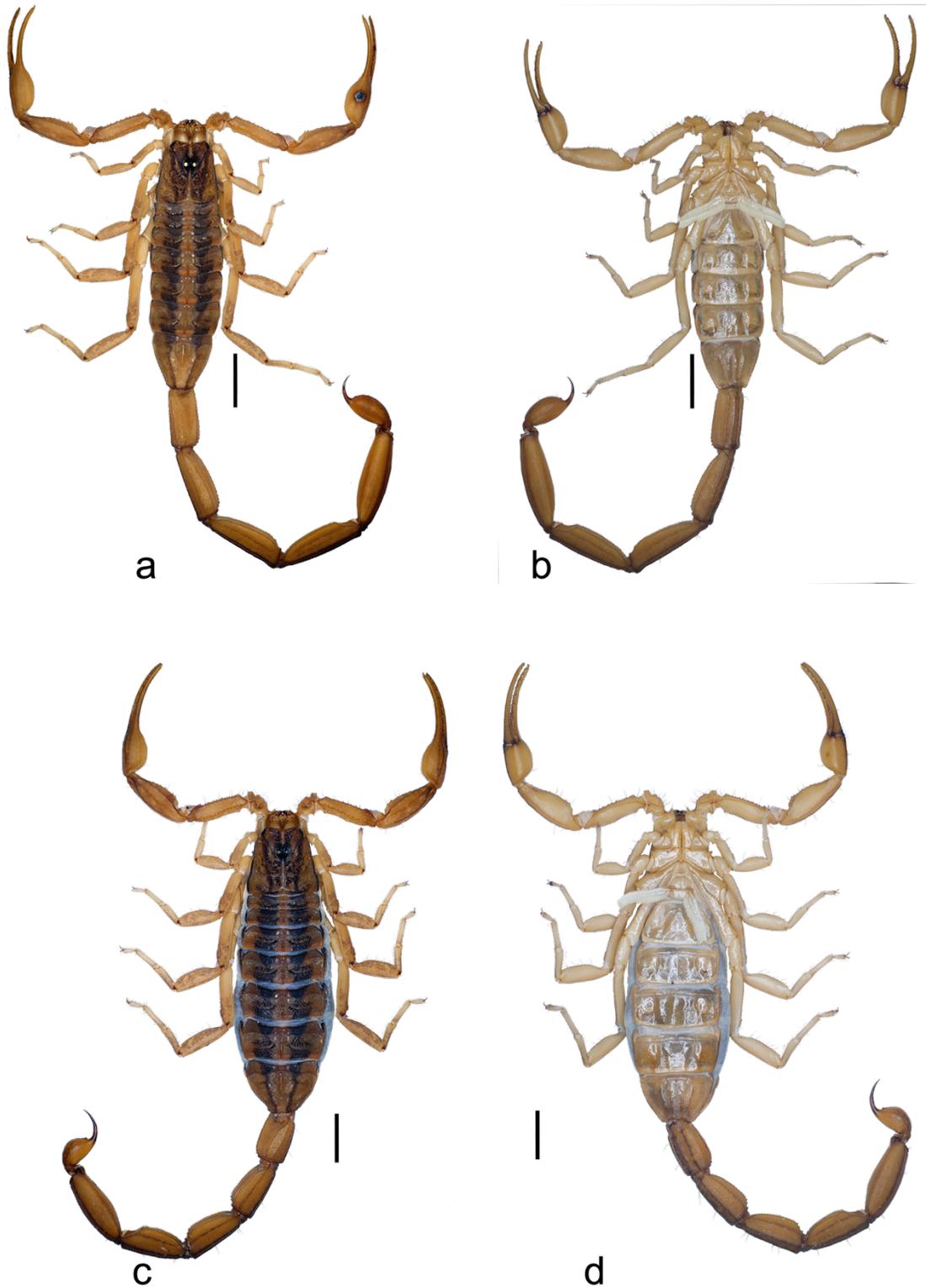


Figura 26. Habitus de *Centruroides* sp. 5 “Aguascalientes”, a) Vista dorsal del macho, b) Vista ventral de macho; c) Vista dorsal de hembra, d) Vista ventral de hembra. Barra de escala = 5 mm

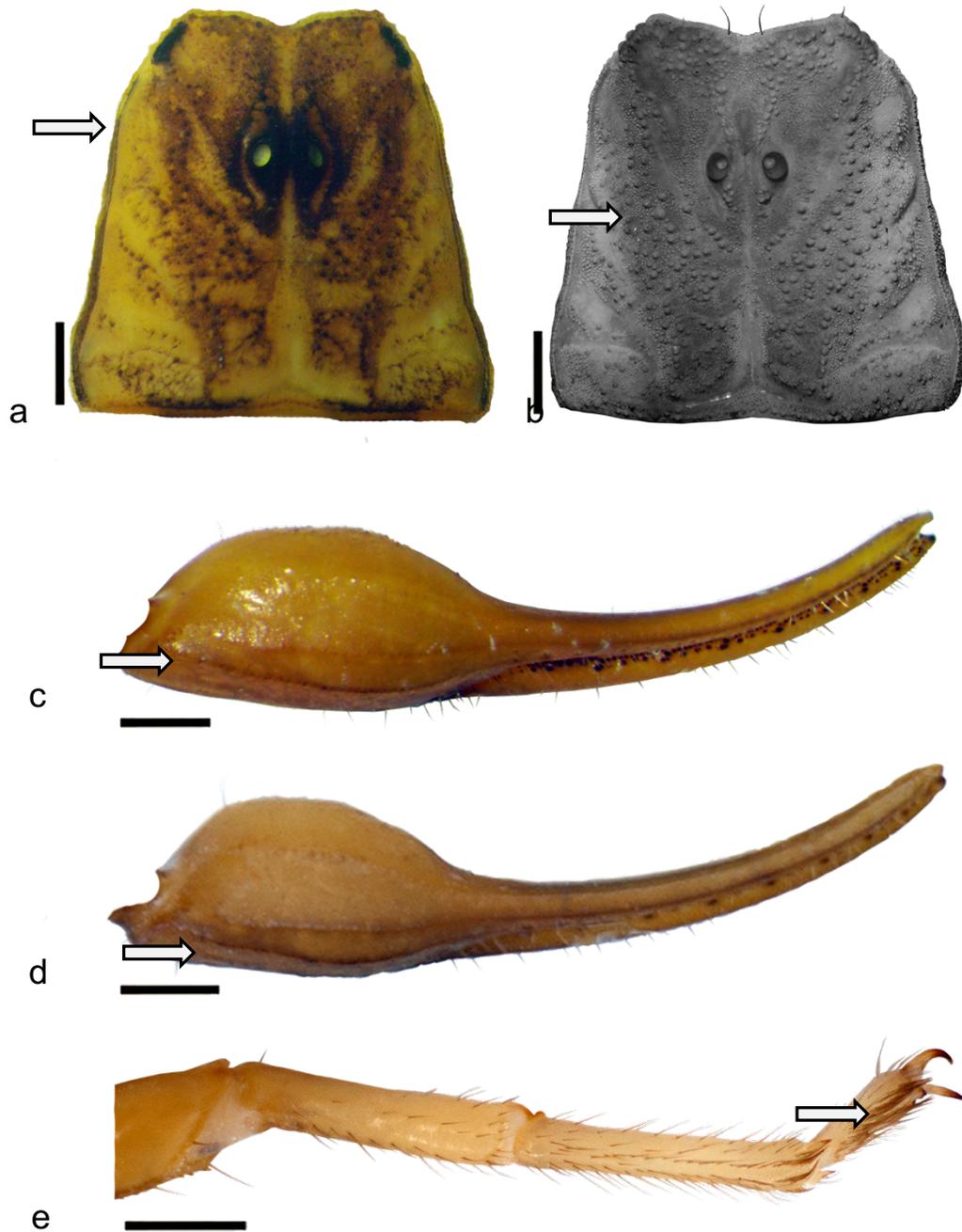


Figura 27. Características diagnósticas de *Centruroides* sp. 5 “Aguascalientes”, a) Pigmentación de carapacho, b) Granulación de carapacho; c) Mano de macho vista dorsal; d) Mano de hembra, vista dorsal; e) Pata vista lateral, barra de escala = 1 mm.

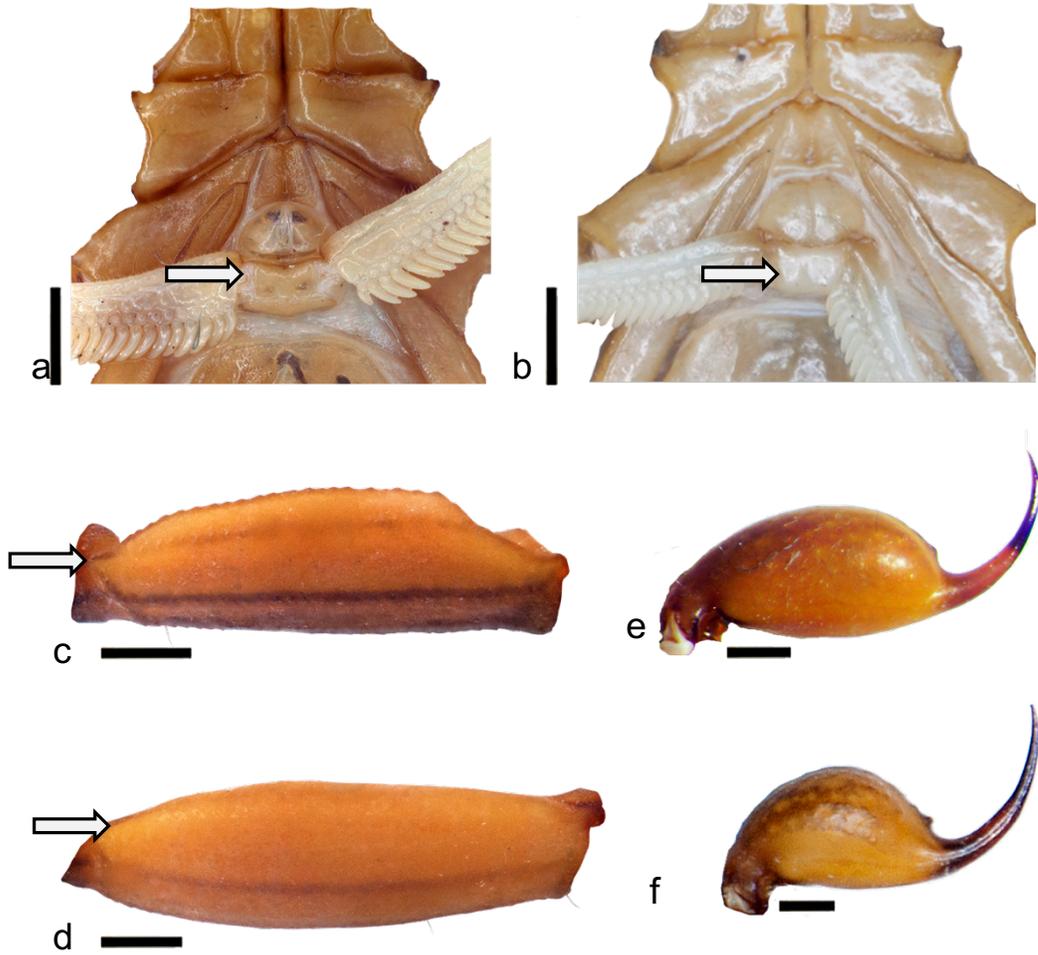


Figura 28. Características diagnósticas de *Centruroides* sp. 5 "Aguascalientes", a) Base pectinal macho, b) Base pectinal hembra; c) Segmento metasomal IV vista lateral, d) Segmento metasomal V vista lateral, e) Vesícula de macho vista lateral, f) Vesícula de hembra vista lateral, barra de escala = 1 mm.

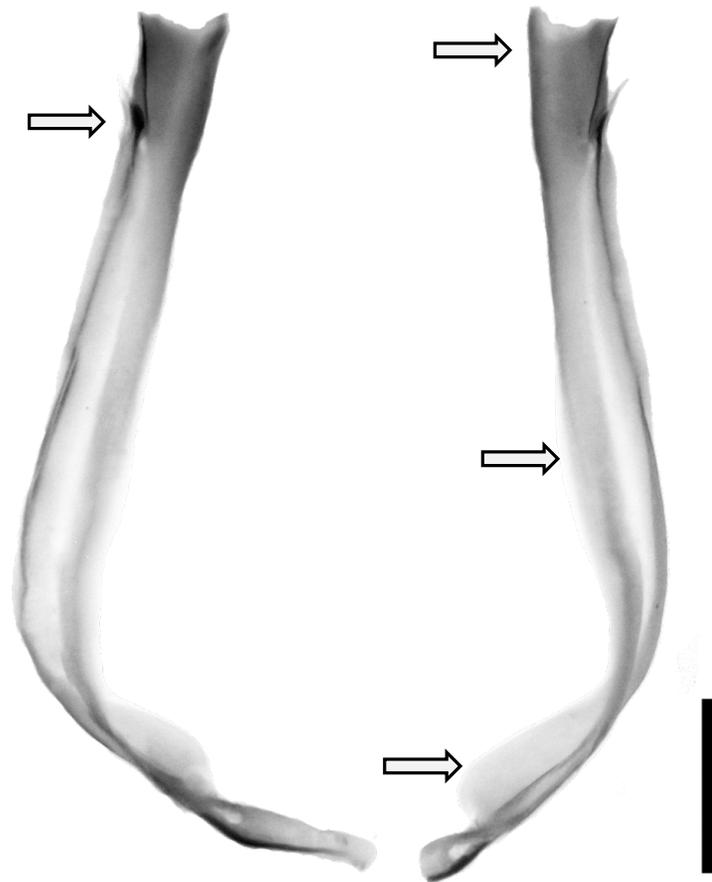


Figura 29. Hemiespermatóforo de *Centruroides* sp. 5 “Aguascalientes”, barra de escala = 1 mm.

Análisis Molecular

Para la reconstrucción filogenética se utilizaron 39 secuencias nucleotídicas que tuvieron un tamaño final de 377 pares de bases, de los cuales se observaron 232 sitios conservados, 145 sitios variables que contienen dos o más tipos de nucleótidos en esa posición, 129 sitios informativos para parsimonia y 16 sitios en el que la variación de un nucleótido es única para una secuencia (singleton).

Se incluyeron dos secuencias de *Centruroides suffusus* de Fresnillo, Zacatecas y uno de Durango tomadas de Ponce-Saavedra *et al.*, en prep., cuatro secuencias de *Centruroides vittatus*, una de Durango de Ponce-Saavedra *et al.*, en prep., una de Chicago Illinois de Esposito y Prendini, 2019; una de Arkansas USA, de Towler *et al.*, 2001 y una más de Texas USA de Esposito *et al.*, 2018; tres secuencias de *Centruroides ornatus* de Ponce-Saavedra y Quijano Ravell, 2019; tres secuencias de *Centruroides ruana* de Ponce-Saavedra y Quijano Ravell, 2019; tres secuencias de *Centruroides romeroi* de Ponce-Saavedra y Quijano Ravell, 2019; especies que conforman el subgrupo “infamatus” además de cuatro secuencias de *Centruroides tecomanus* de Ponce-Saavedra *et al.*, en prep., la cual se usó como grupo externo, ya que esta especie forma parte del subgrupo “elegans”.

Con esta información se obtuvo una tabla de distancias genéticas utilizando la *p-distance* como medida de divergencia, la cual indica la proporción respecto al número de diferencias, entre el total de nucleótidos comparados; la variación de la tasa entre los sitios se ajustó al modelo de distribución Gamma (Kumar *et al.*, 2018); obteniendo las distancias genéticas pareadas y la desviación estándar (Cuadro 8).

Los resultados del análisis indican que las poblaciones de León y El corral de piedra en el estado de Guanajuato, con una distancia de 0.00 a 0.01, corresponden a un taxón, distinto de las demás poblaciones en análisis y que se consideró corresponde a *Centruroides infamatus* C.L. Koch, 1845.

Estas poblaciones con respecto a la población de *Centruroides* sp. 1 (“Sinaloa”), tienen una *p-distance* de 0.15 y 0.16, mientras que con *Centruroides* sp. 2 (“Nayarit”) se presenta una distancia de 0.10 a 0.11; mientras que con *Centruroides* sp. 3 (“Jalpa”) la distancia fue de 0.14 a 0.17. Con *Centruroides* sp. 4 (“Michoacán”) la

distancia obtenida es de 0.07 a 0.08 y finalmente, con *Centruroides* sp. 5 (“Aguascalientes”), muestra una distancia de 0.13 a 0.14.

En comparación con otras especies del grupo se observan distancias genéticas de 0.14 a 0.15 con *Centruroides suffusus*, 0.14 y 0.18 con *Centruroides vittatus*, 0.11 a 0.12 con *Centruroides ornatus*, 0.04 a 0.05 con *Centruroides ruana* y 0.07 a 0.08 con *Centruroides romeroi*; mientras que con el grupo externo *Centruroides tecomanus* es de 0.10 a 0.11 (Cuadro 10).

Cuadro 8. Distancias genéticas (p-distance) obtenidas. En azul entre nuevas especies, en verde entre especies del subgrupo “infamatus” y en amarillo con grupo externo, los valores marcados es el menor y mayor en cada caso, el cambio de tono indica una especie; mediante *p-distance* con resultados en la parte inferior y valores de desviación estándar en la parte superior.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
1 C_infamatus_Leon_Gto1		0.003	0.005	0.021	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.022	0.020	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.020	0.020	0.020	0.020	0.021	0.021	0.021	0.020	0.019	0.019	0.019	0.012	0.012	0.015	0.015	0.015	0.017	0.017	0.018	0.018	
2 C_infamatus_Leon_Gto2	0.003		0.004	0.021	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.022	0.020	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.020	0.019	0.020	0.020	0.021	0.021	0.021	0.021	0.019	0.019	0.019	0.012	0.012	0.014	0.014	0.014	0.016	0.016	0.017	0.018	
3 C_Corral_P_Gto1	0.01	0.006		0.021	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.022	0.020	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.020	0.019	0.020	0.020	0.021	0.021	0.021	0.021	0.019	0.018	0.018	0.011	0.011	0.014	0.014	0.014	0.016	0.016	0.017	0.017	
4 C_Playa_Hinchahuevos_Sin	0.161	0.158	0.155		0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.018	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.020	0.019	0.016	0.016	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.021	0.021	0.021	0.021	0.022	
5 C_Sta_Ma_Nay	0.112	0.109	0.102	0.152		0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.021	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.015	0.015	0.016	0.016	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.015	0.015	0.016	0.015	0.015	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.014	0.015
6 C_Presa_Caj_Nay1	0.112	0.109	0.102	0.152	0.000		0.000	0.000	0.000	0.023	0.021	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.015	0.015	0.016	0.016	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.015	0.015	0.016	0.015	0.015	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.014	0.015
7 C_Presa_Caj_Nay2	0.112	0.109	0.102	0.152	0.000	0.000		0.000	0.000	0.023	0.021	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.015	0.015	0.016	0.016	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.015	0.015	0.016	0.015	0.015	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.014	0.015
8 C_Crucero_Jal	0.112	0.109	0.102	0.152	0.000	0.000	0.000		0.000	0.023	0.021	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.015	0.015	0.016	0.016	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.015	0.015	0.016	0.015	0.015	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.014	0.015
9 C_PBola_Jal	0.112	0.109	0.102	0.152	0.000	0.000	0.000	0.000		0.023	0.021	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.015	0.015	0.016	0.016	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.015	0.015	0.016	0.015	0.015	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.014	0.015
10 C_Jalpa_Zac1	0.161	0.158	0.158	0.149	0.171	0.171	0.171	0.171	0.171		0.014	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.022	0.023	0.023	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.023
11 C_Jalpa_Zac2	0.143	0.140	0.140	0.121	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.027		0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.019	0.018	0.021	0.021	0.020	0.020	0.020	0.021	0.020	0.020	0.020	0.021	0.020	0.020	0.020	0.020	0.019	0.019	0.020	0.020	
12 C_Uruapan_PV_Mich	0.084	0.081	0.075	0.155	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.180	0.155		0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.020	0.017	0.017	0.019	0.019	0.019	0.018	0.014	0.014	0.015	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.014	0.014	0.015	0.015
13 C_Zumpimito_Mich2	0.084	0.081	0.075	0.155	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.180	0.155	0.000		0.000	0.000	0.021	0.020	0.017	0.017	0.019	0.019	0.019	0.019	0.018	0.014	0.014	0.015	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.014	0.014	0.015	0.015
14 C_Zumpimito_Mich1	0.084	0.081	0.075	0.155	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.180	0.155	0.000	0.000		0.000	0.000	0.021	0.020	0.017	0.017	0.019	0.019	0.019	0.018	0.014	0.014	0.015	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.014	0.014	0.015	0.015
15 C_Tocumbo_Mich2	0.084	0.081	0.075	0.155	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.180	0.155	0.000	0.000	0.000		0.000	0.021	0.020	0.017	0.017	0.019	0.019	0.019	0.018	0.014	0.014	0.015	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.014	0.014	0.015	0.015
16 C_Tocumbo_Mich1	0.084	0.081	0.075	0.155	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.180	0.155	0.000	0.000	0.000	0.000		0.021	0.020	0.017	0.017	0.019	0.019	0.019	0.018	0.014	0.014	0.015	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.014	0.014	0.015	0.015
17 C_Calvillo_AGS1	0.140	0.137	0.137	0.146	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.152	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140		0.005	0.021	0.021	0.022	0.022	0.022	0.021	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.020	0.020	
18 C_Calvillo_AGS2	0.134	0.130	0.130	0.137	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.143	0.130	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.009		0.021	0.021	0.022	0.022	0.022	0.021	0.020	0.020	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.020	0.020	
19 C_suffusus_Dgo1	0.146	0.146	0.140	0.087	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.183	0.158	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.168	0.165		0.003	0.020	0.020	0.020	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017	0.018	
20 C_Fresnillo_Zac	0.149	0.149	0.143	0.090	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.186	0.161	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.171	0.168	0.003		0.020	0.020	0.020	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017	0.018	
21 C_vittatus_Texas	0.177	0.174	0.168	0.193	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0.196	0.174	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.177	0.174	0.152	0.155		0.000	0.000	0.010	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	
22 C_vittatus_Illinois	0.177	0.174	0.168	0.193	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0.196	0.174	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.177	0.174	0.152	0.155	0.000		0.000	0.010	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
23 C_vittatus_Arkansas	0.177	0.174	0.168	0.193	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0.196	0.174	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.177	0.174	0.152	0.155	0.000	0.000		0.010	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
24 C_vittatus_Dgo2	0.149	0.146	0.140	0.189	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.193	0.171	0.115	0.115	0.115	0.115	0.115	0.115	0.165	0.161	0.130	0.134	0.037	0.037	0.037		0.021	0.020	0.021	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017	0.018	0.018	0.018	
25 C_ornatus_Isla_Alac_Jal	0.124	0.124	0.118	0.155	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078	0.168	0.143	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.143	0.140	0.106	0.109	0.143	0.143	0.143	0.149		0.003	0.006	0.016	0.016	0.015	0.015	0.015	0.015	0.016	0.017	
26 C_ornatus_Churintzio_Mich	0.121	0.121	0.115	0.152	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.165	0.140	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.140	0.137	0.102	0.106	0.140	0.140	0.140	0.146	0.003		0.005	0.016	0.016	0.015	0.015	0.015	0.015	0.016	0.016	
27 C_ornatus_Chapala_Jal	0.124	0.124	0.118	0.152	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.161	0.137	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078	0.140	0.137	0.109	0.112	0.146	0.146	0.146	0.152	0.009	0.006		0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.017	
28 C_ruana_LTipo	0.053	0.050	0.043	0.168	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078	0.177	0.152	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.137	0.134	0.109	0.112	0.152	0.152	0.152	0.124	0.087	0.084	0.090		0.000	0.011	0.011	0.011	0.015	0.015	0.016	0.016
29 C_ruana	0.053	0.050	0.043	0.168	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078	0.177	0.152	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.137	0.134	0.109	0.112	0.152	0.152	0.152	0.124	0.087	0.084	0.090	0.000		0.011	0.011	0.011	0.015	0.015	0.016	0.016
30 C_romeroi_LTipo	0.078	0.075	0.068	0.177	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.165	0.143	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.137	0.134	0.118	0.121	0.130	0.130	0.130	0.130	0.109	0.081	0.078	0.084	0.043	0.043		0.000	0.000	0.014	0.014	0.014
31 C_LaNieve	0.078	0.075	0.068	0.177	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.165	0.143	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.137	0.134	0.118	0.121	0.130	0.130	0.130	0.130	0.109	0.081	0.078	0.084	0.043	0.043	0.000		0.000	0.014	0.014	0.014
32 C_romeroi	0.078	0.075	0.068	0.177	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.165	0.143	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.137	0.134	0.118	0.121																

La población de Playa Hinchahuevos de Sinaloa que corresponde a *Centruroides* sp. 1 “Sinaloa”, tiene distancia genética con respecto a *Centruroides infamatus* de 0.16 a 0.18; mientras que con *Centruroides* sp. 2 “Nayarit” es de 0.15 a 0.16; con *Centruroides* sp. 3 “Jalpa” de 0.16 al igual que con *Centruroides* sp. 4 “Michoacán”; mientras que con *Centruroides* sp. 5 “Aguascalientes”, la distancia fue de 0.14 a 0.15.

En comparación con otras especies del grupo se observan distancias genéticas de 0.09 con *Centruroides suffusus*, 0.19 con *Centruroides vittatus*, 0.15 a 0.16 con *Centruroides ornatus*, 0.17 con *Centruroides ruana* y 0.18 con *Centruroides romeroi* y con el grupo externo *Centruroides tecomanus* presenta de 0.16 a 0.17.

Los ejemplares de Santa María del oro y Presa “El cajón” del estado de Nayarit, tuvieron un valor de 0.00 distancia genética entre sí, y con respecto a los ejemplares de “El Crucero” y “Piedras Bola”, Jalisco también fue mínima 0.00 y 0.01, respectivamente, por lo que estos cinco ejemplares, representan a *Centruroides* sp. 2 “Nayarit”. En coincidencia con lo que morfológicamente se había determinado.

Las distancias genéticas que presentan estas poblaciones con *Centruroides infamatus* son de 0.10 a 0.11, con respecto a “Sinaloa”, tienen una distancia de 0.15 a 0.16, con “Jalpa” es de 0.15 a 0.18 y de 0.07 con “Michoacán”; mientras que con *Centruroides* sp. 5 (“Aguascalientes”), muestra una distancia genética de entre 0.07 y 0.08. Con otras especies del grupo las distancias genéticas son de 0.09 a 0.10 con *Centruroides suffusus*, 0.11 con *Centruroides vittatus*, 0.08 con *Centruroides ornatus* y *Centruroides ruana*, de 0.06 con *Centruroides romeroi*; mientras que con el grupo externo *Centruroides tecomanus* presenta de 0.06 a 0.07.

Las distancias genéticas entre los ejemplares de Jalpa son de 0.00 a 0.02 y corresponden a otra especie putativa ya nombrada como *Centruroides* sp. 3 (“Jalpa”), la cual mostró distancia genética con respecto a *Centruroides infamatus* de 0.14 a 0.16. Con respecto a las poblaciones “Sinaloa”, “Nayarit” y “Michoacán”, tienen una distancia de 0.15 a 0.19, mientras que con respecto a *Centruroides* sp. 5 (“Aguascalientes”) fue entre 0.13 y 0.15.

Con otras especies del grupo las distancias genéticas son de 0.14 a 0.19, mientras que con respecto al grupo externo *Centruroides tecomanus* la distancia fue de 0.13 a 0.16.

Los individuos de Uruapan, Zumpimito, “Palito verde” y Tocumbo, presentaron 0.00 de distancia genética entre sí, y corresponden al grupo morfológico *Centruroides* sp. 4 (“Michoacán”), que con respecto a *Centruroides infamatus* presenta una distancia genética de 0.08, con respecto a “Sinaloa” de 0.16, con “Nayarit” de 0.07 y de 0.16 a 0.18 con “Jalpa”, mientras que respecto a “Aguascalientes” la distancia fue de 0.14. Las distancias genéticas con otras especies del grupo son de 0.10 con *Centruroides suffusus*, 0.13 con *Centruroides vittatus*, 0.07 con *Centruroides ornatus*, 0.06 con *Centruroides ruana* y 0.05 con *Centruroides romeroi*; respecto al grupo externo *Centruroides tecomanus* presenta de 0.06 a 0.08.

Los ejemplares de Presa “Malpaso” y Balneario La cueva del municipio de Calvillo Aguascalientes presentan 0.00 a 0.01 de distancia genética entre sí y corresponden a lo que morfológicamente se ubicó *Centruroides* sp. 5 “Aguascalientes”. Con respecto a *Centruroides infamatus* presenta una distancia genética de 0.13 y 0.14; con respecto a las poblaciones de *Centruroides* sp. 1 “Sinaloa” tienen una distancia de 0.14, mientras que con *Centruroides* sp. 2 “Nayarit” presenta una distancia genética de 0.07 y 0.08, con *Centruroides* sp. 3 “Jalpa” tiene una distancia de 0.14 al igual que con *Centruroides* sp. 4 “Michoacán”, *Centruroides* sp. 5 “Aguascalientes”, muestra una distancia de 0.13. En comparación con otras especies del grupo se observan distancias genéticas de 0.17 con *Centruroides suffusus*, 0.16 a 0.18 con *Centruroides vittatus*, 0.14 con *Centruroides ornatus*, de 0.13 a 0.14 con *Centruroides ruana* y de 0.12 a 0.14 con *Centruroides romeroi*. , respecto al grupo externo *Centruroides tecomanus* presenta de 0.12 a 0.14.

Posteriormente de acuerdo con las divergencias encontradas entre los individuos, se agruparon las poblaciones para analizarse mediante *p-distance* entre “grupos”, bajo la hipótesis de que cada grupo puede llegar a ser una especie y el resultado es promedio del número de cambios en valores de *p-distance* dentro del grupo y se compara respecto al promedio de los otros grupos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Distancia genética entre grupos (parte inferior) y desviación estándar (parte superior); valores obtenidos mediante *p-distance*.

# de secuencias por grupo	Grupo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	1	C_infamatus		0.021	0.017	0.021	0.016	0.019	0.020	0.020	0.018	0.012	0.015	0.016
1	2	C_sp 1_Sinaloa	0.158		0.020	0.020	0.021	0.019	0.016	0.022	0.021	0.021	0.022	0.021
5	3	C_sp 2_Nayarit	0.108	0.152		0.021	0.014	0.015	0.016	0.017	0.015	0.015	0.013	0.012
2	4	C_sp 3_Jalpa	0.150	0.135	0.160		0.022	0.018	0.023	0.021	0.021	0.022	0.021	0.020
5	5	C_sp 4_Michocán	0.080	0.155	0.065	0.168		0.020	0.017	0.019	0.014	0.013	0.012	0.013
2	6	C_sp5_Aguascalientes	0.135	0.141	0.073	0.141	0.138		0.021	0.021	0.020	0.019	0.019	0.018
2	7	C_suffusus	0.145	0.089	0.098	0.172	0.104	0.168		0.020	0.018	0.017	0.018	0.018
3	8	C_vittatus	0.166	0.192	0.106	0.184	0.131	0.172	0.148		0.019	0.019	0.018	0.018
3	9	C_ornatus	0.121	0.153	0.078	0.152	0.075	0.139	0.107	0.144		0.015	0.015	0.015
2	10	C_ruana	0.049	0.168	0.078	0.165	0.056	0.135	0.110	0.145	0.087		0.011	0.014
4	11	Cromeroi	0.073	0.177	0.062	0.154	0.050	0.135	0.120	0.125	0.081	0.043		0.013
4	12	C_tecomanus	0.108	0.165	0.060	0.141	0.068	0.130	0.107	0.129	0.087	0.078	0.070	

Las poblaciones del “grupo1” que corresponden a *Centruroides infamatus*, tienen diferencias de 0.08 con “Michoacán” hasta 0.158 con Sinaloa, corroborando la hipótesis de divergencia suficiente entre las poblaciones para representar taxones específicos diferentes. Las diferencias entre los 5 grupos obtenidos morfológicamente, independientemente de *C. infamatus*, oscilaron entre 0.065 y 0.168, suficiente para que cada uno de ellos pueda considerarse como una especie distinta, si se considera que la diferencia entre *Centruroides ruana* y *C. infamatus* es de 0.049.

La reconstrucción filogenética se infirió utilizando tres métodos: Máxima verosimilitud, UPGMA y Máxima parsimonia, con la finalidad de revisar si los grupos ya definidos morfológicamente se recuperaban apropiadamente.

El árbol obtenido con el método de Máxima Verosimilitud (Figura 30), muestra al grupo *Centruroides infamatus* con un valor de Bootstrap de 97% mientras que el grupo de *Centruroides* sp. 1 (“Sinaloa”) tiene un valor Bootstrap de 57% con respecto a *Centruroides suffuss*, efecto de la distancia de 0.089 entre ellos y las diferencias importantes de la población de Sinaloa con el resto cuyos valores en p-distance entre grupos oscilan entre 0.153 y 0.192, las más grandes en todo el análisis.

La población de Jalpa Zacatecas (*Centruroides* sp. 3) con un valor Bootstrap de 98%; con las poblaciones de Aguascalientes forman un clado soportado por un valor Bootstrap de 46%, debido a las diferencias importantes entre los dos grupos (0.141).

Las poblaciones de Nayarit y Jalisco, con un valor de Bootstrap de 73% conforman el grupo morfológico *Centruroides* sp. 2 (“Nayarit”) con relación filogenética con Jalpa y Aguascalientes, a pesar de la menor diferencia en valores de distancia genética que presentan con “Michoacán” (0.065).

Finalmente el grupo que corresponde a “Michoacán” está muy bien soportado con un valor Bootstrap de 98% y el que mayor relación tiene con el grupo “*C. infamatus*”, ubicándose en un clado bien soportado (71% Botstrapp) que parece representar la parte centro-sur de la distribución del subgrupo; mientras que las

otras poblaciones corresponderían a poblaciones más del centro-norte de la misma (Anexo, Figura 53)

La reconstrucción obtenida con el método UPGMA, conserva la misma topología en cuanto a los clados formados, con mejor soporte al clado centro-norte (62%), recuperandona “Sinaloa” con *C. suffusus* y a “Nayarit” como un clado muy robusto, pero aislado de todas las especies y poblaciones en análisis, sin que esto modifique la conformación de los grupos predefinidos (Figura 31).

El árbol que se obtuvo con Máxima parsimonia conserva los grupos y la topología obtenida con UPGMA, con el grupo “Nayarit” robusto (97% de valor Bootstrap), pero con poca relación con todas las especies y poblaciones en análisis. (Figura 32).

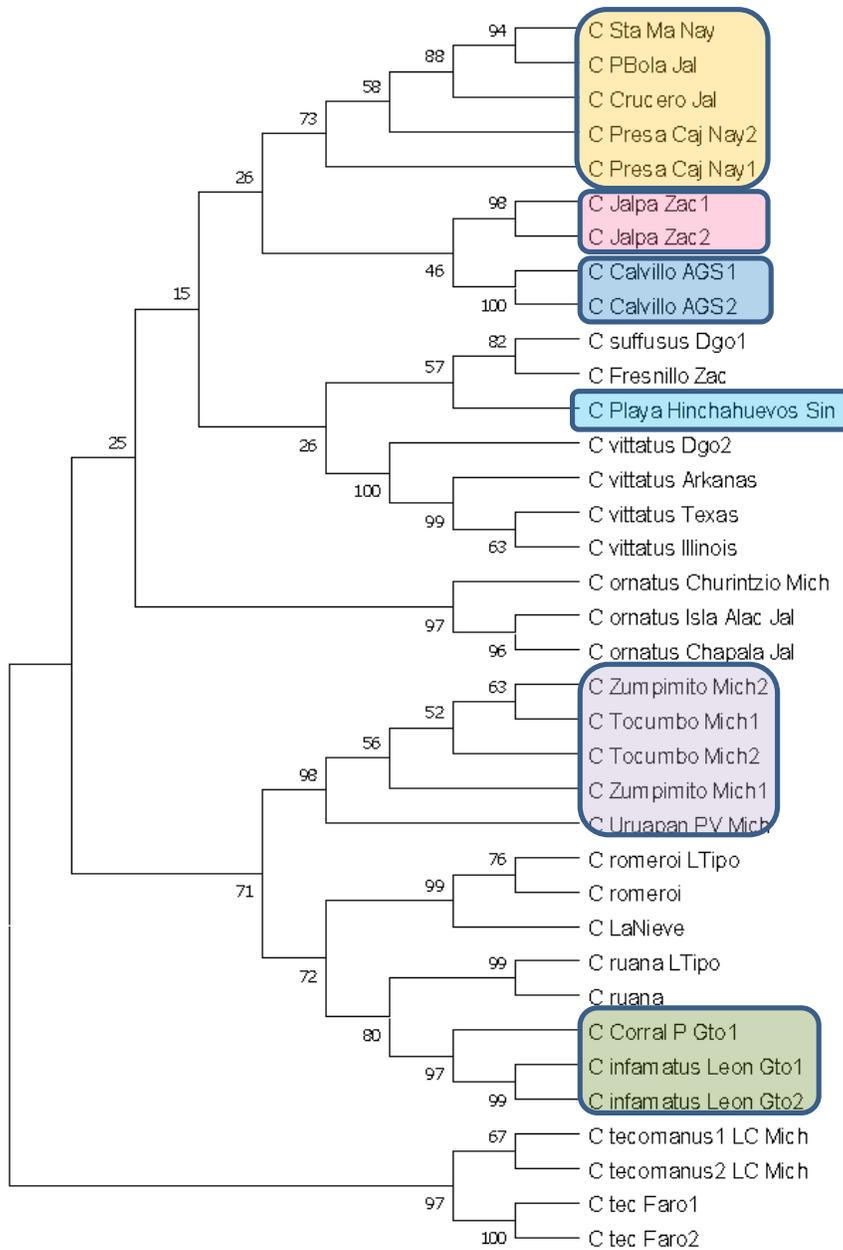


Figura 30. Reconstrucción filogenética con el método de máxima verosimilitud del subgrupo "infamatus" en los nodos se indican los valores Bootstrap.

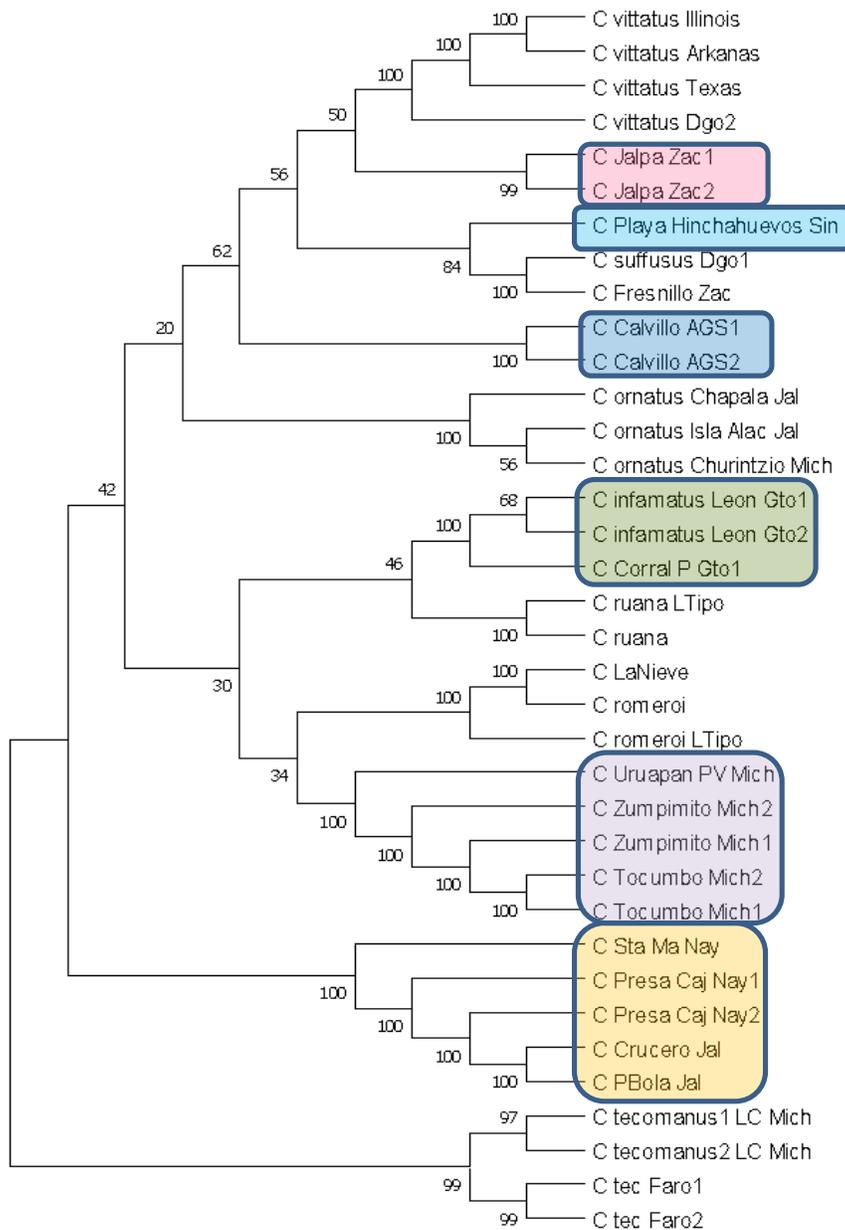


Figura 31. Reconstrucción filogenética con el método de UPGMA, del subgrupo “infamatus” en los nodos se indican los valores Bootstrap.

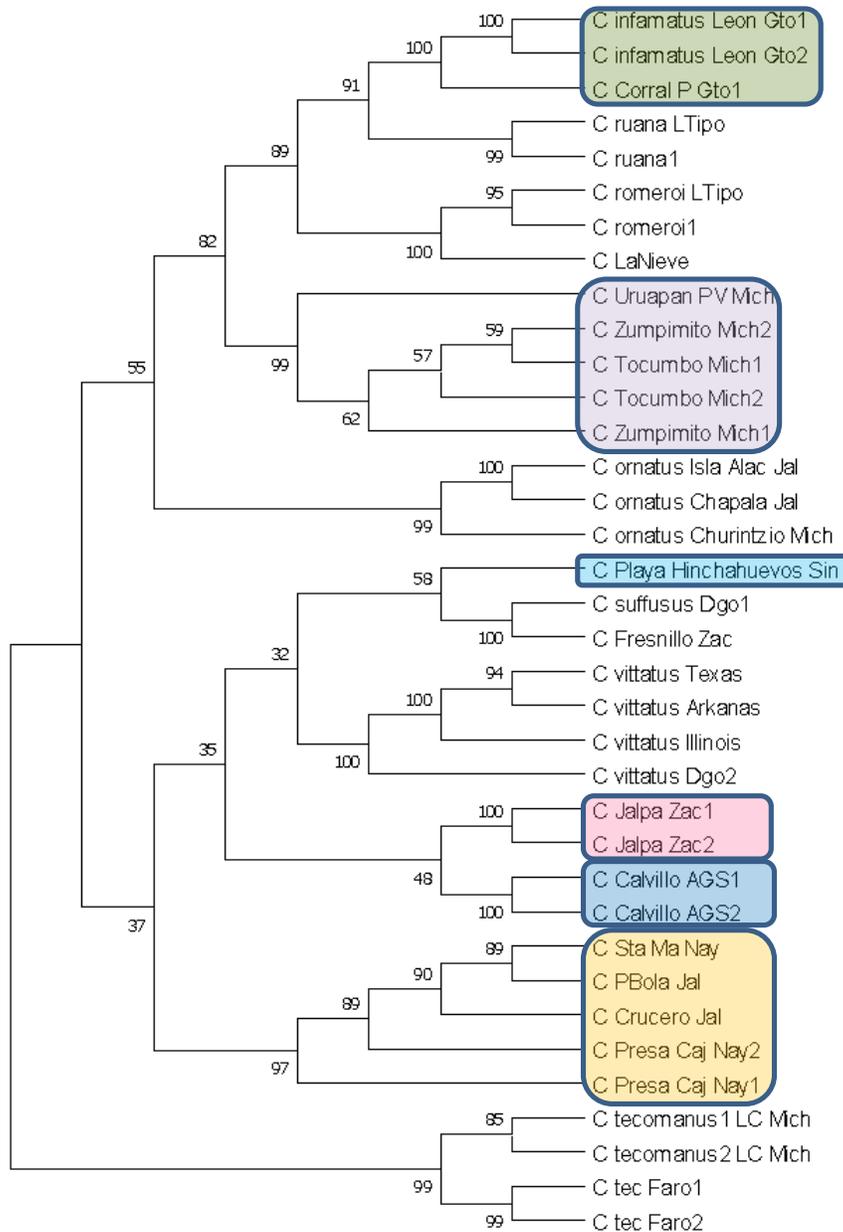


Figura 32. Reconstrucción filogenética con el método de máxima parsimonia, del subgrupo "infamatus" en los nodos se indican los valores Bootstrap

9. CONCLUSIONES

- El análisis morfológico sugiere que las poblaciones de la región de León Guanajuato, es una especie válida, que se considera corresponde con *Centruroides infamatus* C. L. Koch 1845.
- Las otras poblaciones analizadas se pueden diferenciar morfológicamente en cinco grupos: a) una población de Sinaloa, b) dos de Nayarit con dos de Jalisco, c) una de Zacatecas, d) una de Aguascalientes y e) cuatro poblaciones de Michoacán.
- La divergencia genética, entre las secuencias representativas de cada grupo, demuestran que los grupos morfológicamente distintos, son genéticamente diferentes y por tanto representa posibles taxones aún no descritos.
- La reconstrucción filogenética con los tres métodos usados, evidencia las relaciones entre las poblaciones representadas en el análisis y es consistente con la evidencia morfológica.
- Como producto de este trabajo se sugiere la existencia de cinco especies más para el subgrupo “infamatus” en México, las cuales deben ser descritas, además de requerirse la redescipción formal de *Centruroides infamatus sensu stricto*, con base en la que aquí se presenta.

10. LITERATURA CITADA

- Armas, L. F. D., y E. Martín Frías. 2008. El género "Centruroides" Marx, 1890 (Scorpiones: Buthidae) en el estado de Veracruz, México. *Boletín de la SEA*, (43), 7-22.
- Beutelspacher, B. C. R. 2000. Catálogo de los alacranes de México. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 175 pp.
- Bookstein, F. L. 1997. Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. Cambridge University Press. 455 pp.
- Castillo-Pérez, J., E. Velasco-Díaz, E. J. Ramírez-Barba, E. Vargas-Salado y A. Chávez-Haro. 2002. Alacranismo en León, Gto., perspectivas por Áreas Geostadísticas Básicas Urbanas. *Acta Universitaria*, 12(2),34-39.
- Castillo-Pérez, J., E. Velasco-Díaz, E. J. Ramírez-Barba, E. Vargas-Salado, E. Lara-Lona y M. E. Rivera-Torres. 2007. Distribución geográfica del alacranismo en el Estado de Guanajuato. *Acta Universitaria*, 17(2), 12-18.
- Chávez-Haro, A. L. y E. Ortiz. 2015. *Scorpionism and dangerous species of Mexico. Scorpion Venoms 9*. In: Gopalakrishnakone, P., L. D. Possani, E. F. Schwartz y R. C. Rodríguez de la Vega. 2015. *Scorpion venoms*. Springer Netherlands. 204-205 pp. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-6404-0>
- Chowell, G., P. Díaz-Dueñas, R. Bustos-Saldaña, A. A. Mireles, y V. Fet. 2006. Epidemiological and clinical characteristics of scorpionism in Colima, Mexico (2000–2001). *Toxicon*, 47(7), 753-758.
- Contreras-Félix, G. A., J. L. Navarrete-Heredia, M. Vásquez-Bolaños y G. A. Quiroz-Rocha. 2020. Alacranes de importancia médica en Jalisco. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México 83 pp.
- Dehesa-Dávila, M., Ramírez, A. N., Zamudio, F. Z., Gurrola-Briones, G., Liévano, A., Darszon, A., y Possani, L. D. 1996. Structural and functional comparison of toxins from the venom of the scorpions *Centruroides infamatus infamatus*, *Centruroides limpidus limpidus* and *Centruroides noxius*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 113(2), 331-339.
- Dupre, G. 2021a. Check-list des espèces du genre *Centruroides* Marx, 1890 (Scorpiones: Buthidae). *ARACHNIDES Bulletin de Bibliographie Et De Recherches*, 102, 1-17.
- Dupre, G. 2021b. Checklist of scorpions' taxa 1758-2020. *ARACHNIDES Bulletin de Bibliographie Et De Recherches*, 100, 8-59.
- Esposito, L. A. y L. Prendini 2019. Island Ancestors and New World Biogeography: A Case Study from the Scorpions (Buthidae: Centruroidinae). *Scientific reports*, 9(1), 3500. doi:10.1038/s41598-018-33754-8.

- Francke, O. F. B, 2019. Chapter 4 Scorpions (Arachnida: Scorpiones) from the Cuatro Ciénegas Basin. In: F. Álvarez, M. Ojeda, 2019. *Animal Diversity and Biogeography of the Cuatro Ciénegas Basin*, Cuatro Ciénegas Basin: An Endangered Hyperdiverse Oasis. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11262-2_4
- Fet, V., M. Barker, y B. Gantenbein, 1999. Species-level variation of the mitochondrial 16S rRNA gene sequence: use in molecular systematics and biogeography. *Proc. West Virginia Acad. Sci.*, 71: 15
- Fet, V. y G Lowe, 2000. Family BUTHIDAE C.L. Koch 1837, *In*. Fet, V., Sissom, W. D., G. Lowe y M.E. Braunwalder. 2000. *Catalog of the scorpions of the world (1758-1998)*. New York Entomological Society.
- Fet, V., M.E. Soleglad y M.D. Barker, 2001. Phylogeny of the "hirsutus" group of the genus *Hadrurus* Thorell, 1876 based on morphology and mitochondrial DNA (Scorpiones: Iuridae). In V. Fet y P.A. Selden (eds.), *Scorpions 2001*. In Memoriam Gary A. Polis. pp. 139-160. British Arachnological Society, Burnham Beeches, Bucks.
- Fet, V., B. Gantenbein, M. E. Soleglad, V. Vignoli, N. Salomone, E. V. Fet, P. J. Schembri. 2003. New molecular and morphological data on the "*Euscorpius carpathicus*" species complex (Scorpiones: Euscorpiidae) from Italy, Malta, and Greece justify the elevation of *E. c. sicanus* (C. L. Koch, 1837) to the species level. *Revue Suisse de Zoologie* 110 (2): 355-379.
- Fitz-Simmons, N. 1997. Male Marine Turtles. Gene Flow. Philopatry and Mating Systems of the Green Turtle *Chelonia mydas*. Tesis Doctoral. Universidad de Queensland, Australia. 241 p.
- Gantenbein, B., V. Fet, C.R. Largiadèr y A. Scholl. 1999. First DNA phylogeny of *Euscorpius* Thorell, 1876 (Scorpiones: Euscorpiidae) and its bearing on taxonomy and biogeography of this genus. *Biogeographica*, 75: 49-65.
- Gantenbein, B., V. Fet, M. Barker y A. Scholl. 2000. Nuclear and mitochondrial markers reveal the existence of two parapatric scorpion species in the Alps: *Euscorpius germanus* (C. L. Koch, 1837) and *E. alpha* Caporiacco, 1950, stat. nov. (Scorpiones, Euscorpiidae). *Rev. Suisse Zool.*, 107(4): 843-869.
- Gantenbein, B., V. Fet y M.D. Barker. 2001. Mitochondrial DNA markers reveal a deep, divergent phylogeny in *Centruroides exilicauda* (Wood) (Scorpiones: Buthidae). In: Fet, V. y P.A. Selden (eds.), *Scorpions 2001*. In Memoriam Gary A. Polis. pp. 235-244. British Arachnological Society, Burnham Beeches, Bucks.
- Goddard, J. 2013. *Physician's guide to arthropods of medical importance*. Sixth Edition. Boca raton CRC press. London New York. 351-350.
- González-Santillán, E. 2001. Catálogo de escorpiones de la Colección Nacional de Arácnidos (CNAN). Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 148 p.

- González-Santillán, E. y L. Prendini. 2013. Redefinition and generic revision of the North American vaejovoid scorpion subfamily Syntropinae Kraepelin, 1905, with descriptions of six new genera. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 2013(382), 1-71.
- González-Santillán, E. y L. Prendini, 2015. Phylogeny of the North American vaejovoid scorpion subfamily Syntropinae Kraepelin, 1905, based on morphology, mitochondrial and nuclear DNA. *Cladistics*, 31(4), 341-405.
- González-Santillán, E. y L. Prendini. 2015. Systematic revision of the North American syntropine vaejovoid scorpions with a subaculear tubercle, Konetontli González-Santillán and Prendini, 2013. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 2015(397), 1-78.
- González-Santillán, E. y L. D. Possani. 2018. North American scorpion species of public health importance with a reappraisal of historical epidemiology. *Acta tropica*. 187, 264-274pp. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.08.002>.
- González-Santillán, E., M. A. Galán-Sánchez y L. L. Valdez-Velázquez. 2019. A new species of *Centruroides* (Scorpiones, Buthidae) from Colima, Mexico. *Comptes rendus biologies*, 342(9-10), 331-344. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2019.10.002>.
- Hernández, C. E. 2002. Análisis morfométrico de ocho poblaciones de *Centruroides limpidus* (Karsch) y sus subespecies mediante el uso de técnicas multivariadas. Tesis, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 86 p.
- Hoffmann, C. C. 1931. Monografías para la Entomología Médica de México. Monografía Num. 2. Los Escorpiones de México Primera parte: Diplocentridae, Chactidae, Vejovidae. *Anales del Instituto de Biología Universidad Autónoma de México*. P. 291-408.
- Hoffmann, C. C. 1932. Monografías para la Entomología Médica de México. Monografía Num. 2, Los escorpiones de México. Segunda parte: Buthidae. *Anales del Instituto de Biología Universidad Autónoma de México* 3(3): 243-282; (4) 283 – 361.
- Hjelle, J.T. 1990. Anatomy and morphology. In: Polis, G.A. (Ed.) *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press, Stanford, CA. 9-63 pp. Num. 2. Los Escorpiones de México (segunda parte). Buthidae. *Anales Inst. SeDas Tierreich*. Lief. Vol. 8.
- Hwang, U. W., y W. Kim. 1999. General properties and phylogenetic utilities of nuclear ribosomal DNA and mitochondrial DNA commonly used in molecular systematics. *The Korean journal of parasitology*, 37(4), 215.
- Jacob, A., B. Gantenbein, M. E. Braunwalder, W. Nentwig y C. Kropf. 2004. Complex male genitalia (hemispermaphores) are not diagnostic for cryptic species in the genus *Euscorpius* (Scorpiones: Euscorpiidae). *Organisms, Diversity and Evolution*. 4:59-72.

- Keegan, H. L. 1980. Scorpions of medical importance. Jackson: Univ. Press of Mississippi, 140 p
- Koch, C. L. 1845. *Die Arachniden*. Eilfter Band. Nürnberg 174pp.
- Kraepelin, K. M. F. 1899. *Scorpiones und pedipalpi* (Vol. 8). Friedländer.
- Martín-Frías, E., L. F de Armas y J. F. Paniagua-Solís. 2005. Redescription of the Mexican scorpion *Centruroides Hoffmanni* Armas, 1996 (Scorpiones: Buthidae). *Euscorpius*, 2005(22), 1-7.
- Miller, A. L., R. A. Makowsky, D. R. Formanowicz, L. Prendini y C. L. Cox. 2014. Cryptic genetic diversity and complex phylogeography of the boreal North American scorpion, *Paruroctonus boreus* (Vaejovidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 71: 298-307. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2013.11.005>
- Miranda-López 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. 71 pp
- Mullen, G. R., y W. D. Sissom 2019. Capítulo 23 Scorpions (Scorpiones). *In* Mullen G R., L. A. Durden y J. G. King. 2019. *Medical and veterinary entomology* (pp. 489-504). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00023-6>
- Ortiz, E., G. B. Gurrola, E. F. Schwartz, y L. D. Possani. 2015. Scorpion venom components as potential candidates for drug development. *Toxicon*, 93, 125-135.
- Ortiz, D. y O. F. Francke. 2016. Two DNA barcodes and morphology for multi-method species delimitation in *Bonnetina* tarantulas (Araneae: Theraphosidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 101: 176–193. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2016.05.003>
- Parmakelis, A., I. Stathi, M. Chatzaki, S. Simaiakis, L. Spanos, C. Louis y M. Mylonas. 2006. Evolution of *Mesobuthus gibbosus* (Brullé, 1832) (Scorpiones: Buthidae) in the northeastern Mediterranean region. *Molecular Ecology*, 15: 2883-2894
- Pocock, R. J. 1902a. Arachnida, Scorpiones, Pedipalpi and Solifugae. *Biología Centrali Americana*
- Pocock, R. J. 1902b. A contribution to the Systematics of Scorpions. *The annals and magazine of Natural History*. 10: 364-380.
- Prendini, L. 2000. A new species of *Parabuthus* Pocock (Scorpiones: Buthidae), and new records of *Parabuthus capensis* (Ehrenberg), from Namibia and South Africa. *Cimbebasia* 16:31-45.
- Prendini, L. y W. C. Wheeler. 2005. Scorpion higher phylogeny and classification, taxonomic anarchy, and standards for peer review in online publishing. *Cladistics*, 21(5), 446-494.

- Ponce-Saavedra, J., Moreno-Barajas, R., y C. R. Beutelspacher 1999. Características morfológicas de *Centruroides infamatus* Koch y *C. limpidus* Karsch (Scorpiones: Buthidae), especies comunes en el Estado de Michoacán, México. *In: Memorias XXXIV Congreso Nacional de Entomología*. Sociedad Mexicana de Entomología. Aguascalientes, México (pp. 9-14).
- Ponce-Saavedra, J. y C. R. Beutelspacher. 2001. Alacranes de Michoacán. UMSNH. Ediciones Michoacanas: Morelia, Michoacán, Mexico.
- Ponce-Saavedra, J. y O. F. Francke. 2004. Una nueva especie de alacrán del género *Centruroides* Marx (1890) (Scorpionbes, Buthidae) de la depresión del Balsas, México. *Acta zoológica mexicana*. 20(2), 221-232.
- Ponce-Saavedra, J., O. F. Francke, H. Cano-Camacho y E. Hernández-Calderón. 2009. Evidencias morfológicas y moleculares que validan como especie a *Centruroides tecomanus* (Scorpiones, Buthidae). *Revista mexicana de biodiversidad*. 80(1), 71-84.
- Ponce-Saavedra, J. y O.F. Francke. 2013. 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., A. F. Quijano-Ravell, R. Teruel y O. F. Francke. 2015. Redescription of *Centruroides ornatus* pocock, 1902 (Scorpiones: Buthidae), a montane scorpion from central Mexico. *Revista Ibérica de Aracnología*, 15, 81-89.
- Ponce-Saavedra, J., O.F. Francke Balve., A. F. Quijano-Ravell y R. Cortés Santillán. 2016. Alacranes (Arachnida: Scorpiones) de importancia para la salud pública en México. *Folia Entomológica Mexicana (nueva serie)*. 2(3): 45-70.
- Ponce-Saavedra, J. y O.F. Francke. 2016. Alacranes de Querétaro. *In: Jones, R. W., y V.S. Cárdenas (Eds.). Historia natural de Querétaro*. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro México. pp. 435-458.
- Ponce-Saavedra, J. y O. F. Francke. 2019. Una especie nueva de alacrán del género *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) del noroeste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2660>
- Prendini, L. 2000. A new species of *Parabuthus* Pocock (Scorpiones: Buthidae), and new records of *Parabuthus capensis* (Ehrenberg), from Namibia and South Africa. *Cimbebasia* 16:31-45.
- Quijano-Ravell, A. F. 2015. Identidad taxonómica y estudio bionómico de *Centruroides ornatus* Pocock 1902 (Scorpiones: Buthidae) en México. Tesis de doctorado. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 191 pp.

- Quijano-Ravell, A. F., J. Ponce-Saavedra, O. F. Francke y M. A. Villaseñor-Ramos. 2010. Nuevos registros y distribución actualizada de *Centruroides tecomanus* Hoffman, 1932 (Scorpiones: Buthidae). *Ciencia Nicolaita*, 52, 179-89.
- Quijano-Ravell, A. F. y J. Ponce-Saavedra 2015. Actualización taxonómica y distribución de los alacranes del Estado de Michoacán. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 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, México. *Revista ibérica de arcnología*, (27), 35-44.
- Quijano-Ravell, A. F. y J. Ponce-Saavedra. 2016a. A new species of scorpion of the genus *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) from the state of Michoacán, Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(1), 49-61.
- Quijano-Ravell, A. F. y J. Ponce-Saavedra 2016b. Uso del hábitat por *Centruroides ornatus* Pocock 1902 (Scorpiones: Buthidae) en el cerro "EL Águila" Morelia, Michoacán, México. *Entomol. Mex.*, 85-90.
- Quijano-Ravell, A.F., L.F. de Armas, O.F. Francke y J. Ponce-Saavedra. 2019. A new species of the genus *Centruroides* Marx (Scorpiones, Buthidae) from western Michoacán State, México using molecular and morphological evidence. *ZooKeys* 859, 31.
- Rein, J.O. 2020 Scorpion Files. (Ed). <http://www.ntnu.no/ub/scorpion-files/>. Último acceso: 04/08/2020.
- Riaño-Umbarila, L., E. R. Rodríguez-Rodríguez, C. E. Santibañez-López, L. Güereca, S. J. Uribe-Romero, I. V. Gomez-Ramírez, E. N. Carcamo-Noriega, L. D. Possani y Baltazar Becerril. 2017. Updating knowledge on new medically important scorpion species in Mexico. *Toxicon*, 138, 130-137. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2017.08.022>
- Santibáñez-López, C. E., y J. Ponce-Saavedra. 2009. Una especie nueva de *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) de la sierra norte de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de biodiversidad*. 80(2), 321-331.
- Santibáñez-López, C. E. y O. F. Francke, O. F. 2010. New and poorly known species of the *mexicanus* group of the genus *Vaejovis* (Scorpiones: Vaejovidae) from Oaxaca, Mexico. *The Journal of Arachnology*, 38(3), 555-571. <https://doi.org/10.1636/Ha09-64.1>
- Santibáñez-López, C. E., O. F. Francke y L. Prendini. 2014. Phylogeny of the North American scorpion genus *Diplocentrus* Peters, 1861 (Scorpiones: Diplocentridae) based on morphology, nuclear and mitochondrial DNA. *Arthropod Systematics & Phylogeny*, 72(3), 257-279.
- Santibáñez-López, C., O. Francke, C. Ureta y L. Possani. 2016. Scorpions from Mexico: From species diversity to venom complexity. *Toxins*, 8(1), 2.

- Secretaría de Salud. 2017. Panorama Epidemiológico y Estadístico de la Mortalidad por Causas Sujetas a Vigilancia Epidemiológica en México 2017. <https://www.gob.mx/salud/documentos/panorama-epidemiologico-y-estadistico-de-la-mortalidad-por-causas-sujetas-a-vigilancia-epidemiologica-en-mexico-2017>
- Simon, C., F. Frati, A. Beckembach, B. Crespi, H. Liu y P. Flook. 1994. Evolution weighting and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and compilation of conserved polymerase chain reaction primers. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 87: 651-701.
- Sissom, W. D. 1990. Systematics, biogeography and paleontology. *In*: Polis, G. A. (Ed.), *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press, Stanford, C.A. pp. 64-160.
- Secretaría de Salud. 2011. Norma Oficial Mexicana NOM033-SSA2-2011, Para la vigilancia, prevención y control de la intoxicación por picadura de alacrán. México: SSA. Diario Oficial de la Federación. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5223520&fecha=08/12/2011
- Stahnke, H. L. 1970. Scorpion nomenclature and mensuration. *Entomological news*, 81(12), 297-316.
- SUIVE. 2010-2020. Dirección General de Epidemiología. Secretaría de Salud. En línea, disponible en: <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/historico-boletin-epidemiologico>
- Talal, S., I. Tesler, J. Sivan, R. Ben-Shlomo, H. Muhammad T., L. Prendini, S. Snir y E. Gefen. 2015. Scorpion speciation in the Holy Land: Multilocus phylogeography corroborates diagnostic differences in morphology and burrowing behavior among Scorpion subspecies and justifies recognition as phylogenetic, ecological and biological species. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 91:226-237.
- Tamura, K., G. Stecher, D. Peterson, A. Filipski, y S. Kumar. 2013. MEGA6: molecular evolutionary genetics analysis version 6.0. *Molecular biology and evolution*, 30(12), 2725-2729.
- Teruel, R., V. Fet, y M. R. Graham. 2006. The first mitochondrial DNA phylogeny of Cuban Buthidae (SCORPIONES: BUTHOIDEA). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 1(39), 219-226.
- Towler, W. I., J. Ponce-Saavedra, B. Gantenbein y V. Fet. 2001. Mitochondrial DNA reveals a divergent phylogeny in tropical Centruroides (Scorpiones: Buthidae) from Mexico. *Biogeographica*. 77(4):157-17
- Vachon, Max. 1952. Etudes sur les Scorpions. Inst. Pasteur d'Algerie. Werner, F. 1935. Scorpiones, Pedipalpi. *Bronn's Class. Ord. Tierreichs*. Ser. 4, Vol.5.
- Valdez-Mondragón, A., C. I. Navarro-Rodríguez, K. P. Solís-Catalán, M. R. Cortez-Roldán y A. R. Juárez-Sánchez. 2019. Under an integrative taxonomic approach: the description of a new species of the genus *Loxosceles* (Araneae, Sicariidae) from Mexico City. *ZooKeys*, 892, 93–133.

11. ANEXO

Redescripción de *Centruroides infamatus* C.L. Koch.

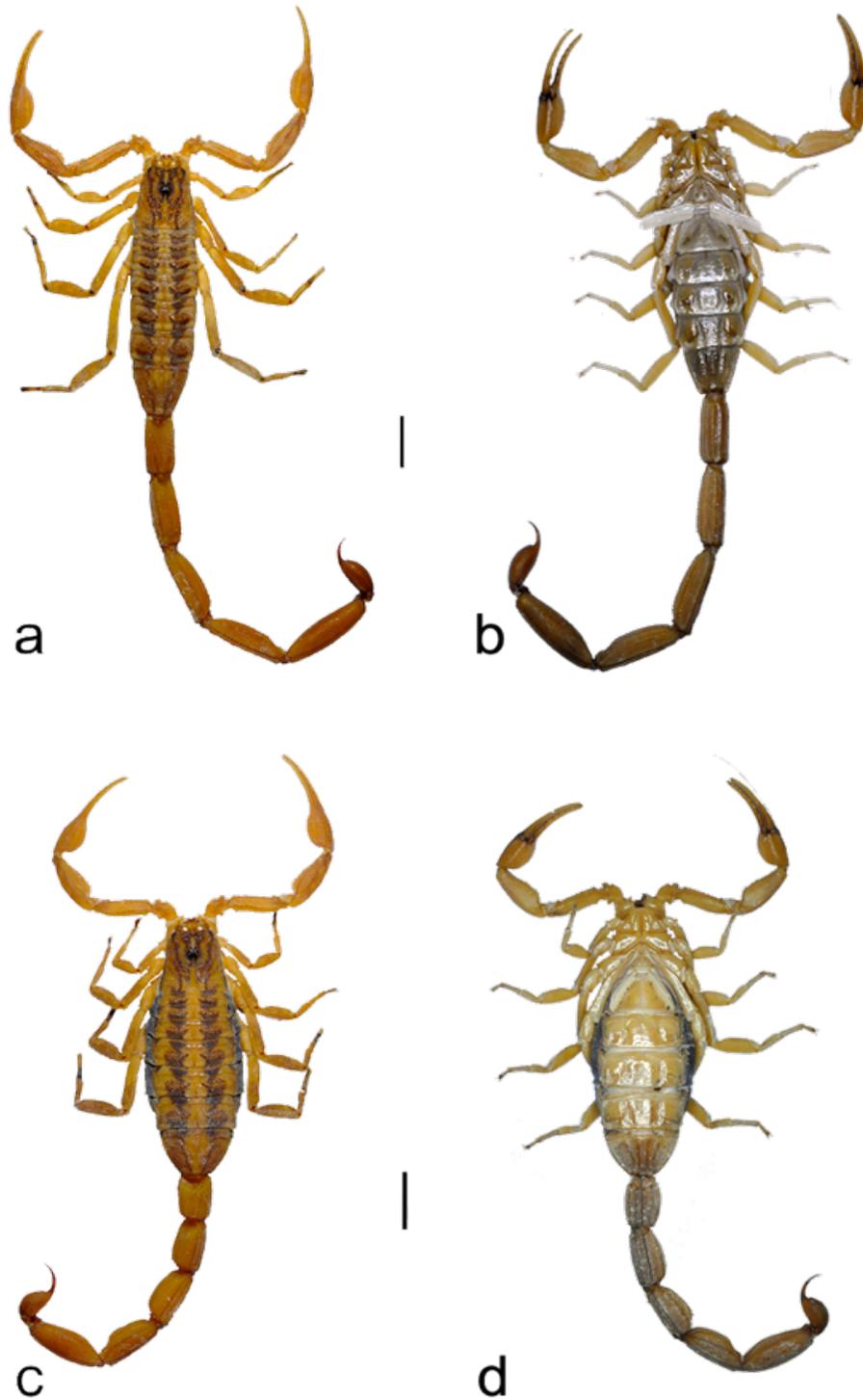


Figura 33. Habitus de *Centruroides infamatus* de León Guanajuato, a, b) Vista dorsal y ventral del macho; c, d) hembra. Barra de escala = 5 mm.

Coloración:

Dorsalmente amarillo marrón, con patas y pedipalpos de color más claro, el metasoma es más oscuro en el segmento V y la vesícula; ventralmente del mismo color que patas y pedipalpos (Figura 33).

Carapacho (Figura 34a), con el área de los ojos laterales pigmentados de color negro, la parte anterior con pigmentación difusa, angostándose hacia los lados de los ojos medios, tornándose de coloración más intensa en forma de la letra "U" al unirse en el surco medio posterior, dejando el resto del carapacho sin pigmento con dos áreas immaculadas en ambos lados. Hay dos áreas prolaterales immaculadas separadas por pigmento difuso por debajo de los ojos laterales hacia las áreas adyacentes a los ojos medios; hay un par de manchas oblicuas que corren anteroposteriormente desde los ojos laterales hacia el surco medio posterior en donde se ensanchan sin llegar a tocarse, quedando separadas por el surco medio; posterior a estas, se encuentran áreas casi completamente immaculadas hacia los bordes laterales del carapacho las cuales pueden tener unas pequeñas manchas pigmentadas, ensanchándose estas áreas hacia el surco medio en donde se limitan por otro par de manchas de pigmento que llega hasta el borde posterior y anteriormente se proyecta hacia el surco medio, sin llegar a fusionarse. El surco anterior es immaculado; la parte del tubérculo ocular es negro y posterior a este el surco medio es immaculado. En las áreas posterolaterales hay pigmentación fina con apariencia reticulada, similar a la del posterguito I. Los márgenes laterales presentan pigmentación oscura formando finas líneas, el borde posterior en su parte media también tiene finas líneas negras que coalescen con las manchas medias posteriores. Los quelíceros, presentan una pigmentación ligeramente reticulada posteroanteriormente, dejando un área immaculada hacia el dedo móvil y el resto de la superficie es clara, con excepción de la punta de los dientes que son rojizos. Dorsalmente, trocánter, fémur, patela y pedipalpos son casi immaculadas con tenues manchas marrón; excepto por el color pardo rojizo de las hileras de dientecillos de los pedipalpos y en la base del dedo fijo que se extiende hacia la articulación del dedo móvil. Mesosoma con los Terguitos I-II con la línea negra posterior del preterguito tiene una mancha rectangular de pigmentación reticulada

que llega hasta una línea oscura se une al borde posterior del posterguito, con pigmentación más intensa y se va haciendo más evidente en los Terguitos III-VI hasta formar una mancha trapezoidal. El terguito III-VI hay una línea de pigmento oblicua, que une la mancha posterior del preterguito con la mancha posterior del posterguito. En el VII no se repite este patrón y se aprecia una coloración ligeramente más clara y se observa pigmento en las quillas dorsales. Los esternitos no presentan un patrón de coloración, con excepto del VII que tiene las quillas ventrolaterales y laterales una ligera pigmentación más oscura. Las patas ventralmente son de coloración muy clara; dorsal y dorsolateralmente son ligeramente jaspeadas, las patas III y IV en la pigmentación es más tenue. Esternitos Inmaculados.

Metasoma, dorsalmente inmaculado en todos los segmentos, las quillas dorsales de los segmentos I, II, III y IV ligeramente pigmentadas, en el segmento I aparentan ser más oscuras y se desvanece hacia el segmento IV. El segmento V y la vesícula ligeramente más oscura que el resto del metasoma con el aculeus rojizo, ventralmente inmaculada, quedando el pigmento restringido a las quillas (Figura 35).

Quelíceros:

Superficie finamente granulada, quilla transversal crenulada con tres macrosetas distales, área retrolateral y ventral cubierta con setas largas. Dedo fijo con diente distal grande y agudo, subdistal mediano y romo, basal y medio grandes y con apariencia bicúspide. Dedo móvil con el diente distal mediano y romo, subdistal grande y agudo, medio y basal cortos formando una estructura bicúspide (Figura 7 a-b). Dedo móvil con una fila de 3 setas menores presentes en la parte distal, *ms3*, se localiza en la parte distal ventroexterna, de forma oblicua hacia la *ms2* y *ms1* que se localizan en línea recta, en la zona dorsal, proximal a los dientes distal y subdistal (Figura 35).

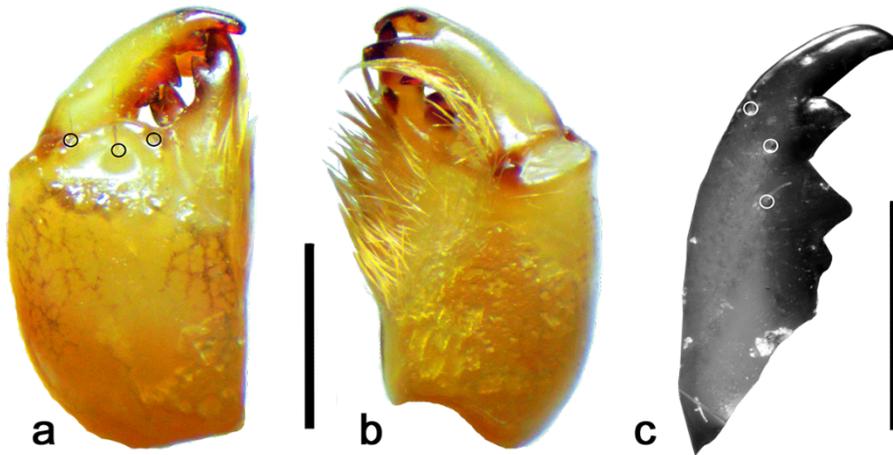


Figura 35. Quelícero de *C. infamatus* macho de León Guanajuato, a) vista dorsal; b) vista ventral, en círculos macrosetas; c) dedo móvil, en círculos microsetas. Barra de escala 1 mm y 0.5 mm.

Carapacho:

Ojos redondos y separados (0.40 mm); borde anterior del carapacho ligeramente convexo, finamente granuloso, gránulos irregulares y dispersos, más abundantes en la parte media, parte anterior del surco medio con gránulos grandes e irregulares, que se extienden lateralmente hacia los ojos laterales y posteriormente a las quillas superciliares en donde son más pequeños y abundantes y hacia el borde anterior de las crestas superciliares. las cuales son gruesas y crenuladas, y se bifurca anteriormente sobre el pigmento que rodea los ojos medios. Con tres ojos laterales redondos, subiguales, el anterior ligeramente más pequeño. Los bordes laterales del carapacho finamente crenulados en prácticamente toda su longitud, la parte posterior con gránulos grandes separados por gránulos pequeños; las áreas immaculadas presentan granulación muy fina e irregular. Las quillas medias posteriores están formadas por varios gránulos irregulares pigmentados (Figura 34).



Figura 34. Carapacho de *C. infamatus* macho. a) Patrón de color. b) Ornamentación.

Pedipalpos:

Trocánter ligeramente granular, quilla dorsal fuertemente crenulada con dos o tres setas basales y una o dos distales; quilla ventral granular, poco desarrollada. El fémur, en la superficie dorsal se aprecian gránulos muy finos, cara externa con la quilla fuertemente crenulada a dentada hacia la parte distal igual que la quilla interna que tiene dientes más grandes. Tricobotrios muy pequeños en configuración alfa típica de Buthidae, (Figura 36). Patela con la quilla media débil e incompleta, solo visible en la región media, hacia la parte distal se aprecia por pigmentación ligera, la dorsoexterna crenulada que distalmente se reducen a pequeños gránulos, dorsoexterna lisa en la parte anterior a crenulada, ventroexterna crenulada y bien desarrollada, ventrointerna muy débil; la interna con 7 dientes, cuatro grandes y tres pequeños, la externa lisa en la parte anterior a crenulada en la parte posterior; superficies intercarenales finamente granulosas (Figura 37).

Mano con quilla digital y dorsal secundaria débiles y lisas, la externa secundaria finamente crenulada, la dorsal marginal y ventroexterna lisas y la media interna débil y lisa, externa secundaria y ventral accesoria con gránulos muy débiles. Dedo móvil Con 8 hileras de dientecillos, la hilera terminal formada por tres dientecillos, 9

gránulos accesorios externos y 10 internos grandes, separado por uno o dos gránulos más pequeños; dedo fijo con 8 hileras de dientecillos, la hilera terminal formada por 6 dientecillos, 8 gránulos accesorios externos y 9 internos grandes, separados por uno o dos gránulos más pequeños (Figura 38). Dedos hirsutos, dedo móvil con pelos pequeños y menos abundantes en la parte basal (Figura 39).

Ventralmente fémur y patela del pedipalpo muy finamente granulada en la superficie intercarenal, la mano es lisa. Todas las coxas son lisas, brillantes, lustrosas, incluyendo las láminas maxilares.

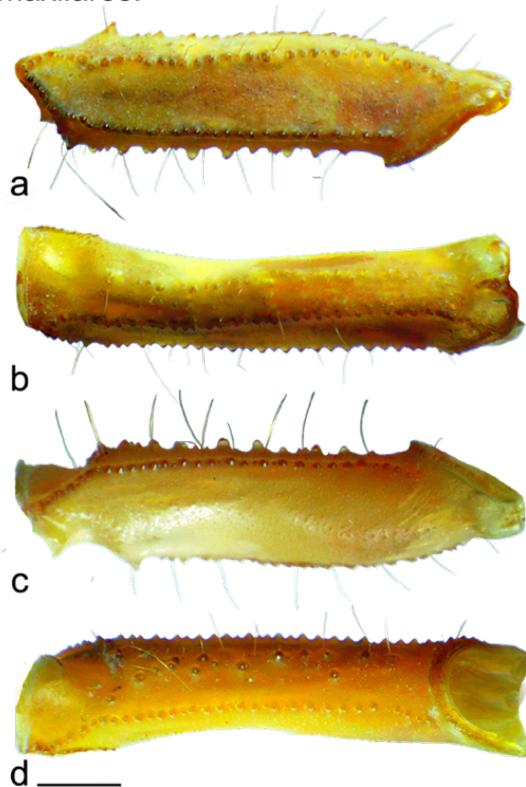


Figura 36. Fémur de macho de *C. infamatus* de León Guanajuato. a, vista dorsal; b, prolateral; c, ventral; d, retrolateral. Barra de escala 1mm.

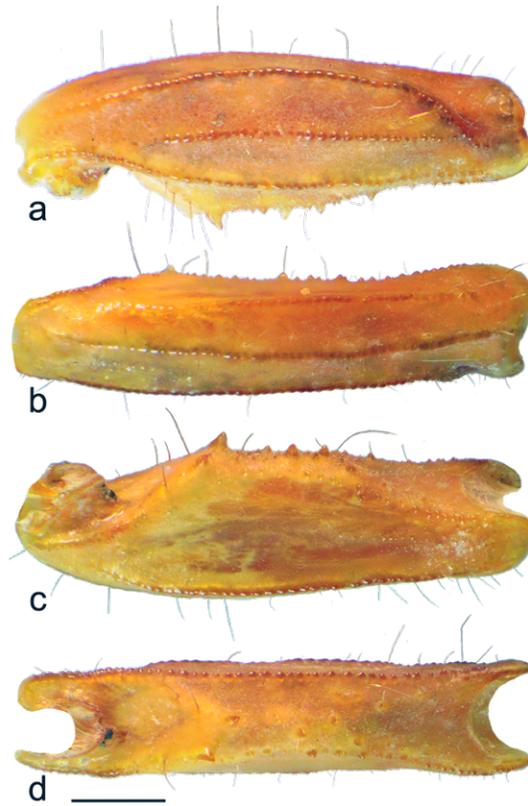


Figura 37. Patela de macho de *C. infamatus* de León Guanajuato. a, dorsal; b, prolateral; c, ventral; d, retrolateral. Barra de escala 1mm.

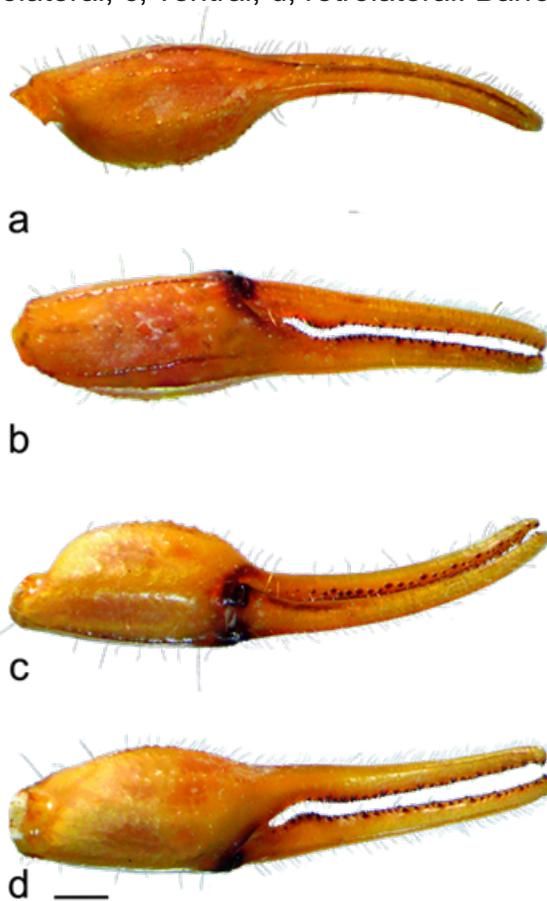


Figura 38. Mano de macho de *C. infamatus* de León Guanajuato. a) vista dorsal; b) prolateral; c) ventral; d) retrolateral. Barra de escala 1mm.



Figura 39. Dedos de la quela de la mano de macho de *C. infamatus* de León Guanajuato. a) dedo móvil; b) dedo fijo. Barra de escala 1mm

Patas:

Con espuelas tarsales de pata I y II simétricas y del mismo tamaño, en III y IV asimétricas, en todas las patas la espuela externa es bífida y la interna simple y bien desarrollada (Figura 12).

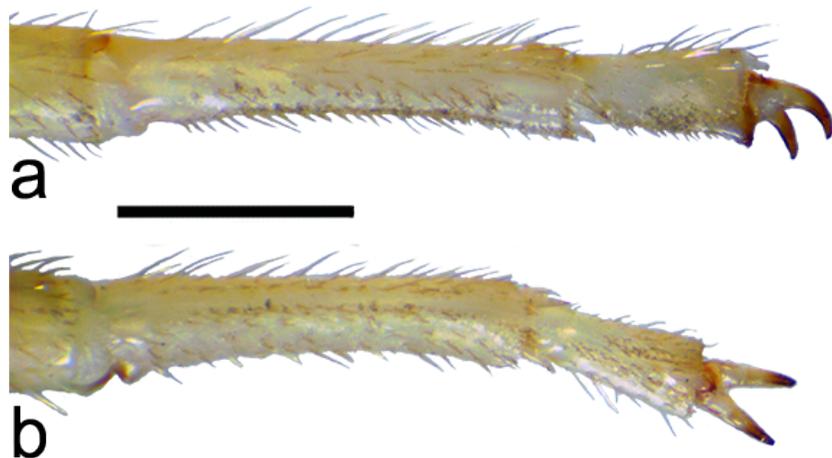


Figura 40. Pata de macho de *C. infamatus* de León Guanajuato. a) vista ventrolateral pata I; b) pata III. Barra de escala 1mm

Mesosoma:

Terguitos con los preterguitos I-VII con una granulaci3n densa y fina a los lados de la quilla media, hacia las 1reas laterales la granulaci3n es muy fina pero dispersa, el borde posterior del preterguito es liso, mientras que en el de los posterguitos es crenulado en I-III y granulado en IV-VI, este 1ltimo con gr1nulos irregulares, borde posterior del posterguito VII liso a finamente granulado. Los gr1nulos en las 1reas con pigmento son irregulares. La quilla media es granular, en el terguito I solo un par de gr1nulos peque1os, en el II est1 formada por 3 gr1nulos, en el III rebasa la mitad de la longitud del terguito y tiende a ser crenulada a partir de IV donde al igual que en V y VI los gr1nulos posteriores son m1s grandes que los anteriores y la quilla ocupa casi toda la longitud del terguito, en VII es conspicua y ocupa la mitad anterior y tiene un patr3n irregular, la superficie intercarinal con granulaci3n fina se mantiene, las quillas medias laterales est1n bien desarrolladas y fuertes. Las 1reas sin pigmento en las zonas laterales de los terguitos presentan esta misma condici3n granulosa (Figura 41a). **Placa basal de los peines** rectangular, con una tenue muesca media por lo que el margen anterior es casi recto, margen posterior recto, conteo de dientes pectinales 21-23, placas genitales subtriangulares, con la zona media posterior lobulada, con dos setas en la regi3n anterior y 2 mediobasales, estern3n subtriangular y profundo.

Esternitos (Figura 41 b) lisos y lustrosos, quillas muy d1biles y lisas; el esternito III con 30 setas, que se distribuyen en diagonal de la parte media anterior hacia el espir1culo, 11 del lado izquierdo y 11 del lado derecho adem1s de 8 setas en el margen posterior las cuales forman un tri1ngulo (Figura 41c); esternito IV, con 18 setas, las m1s anteriores son 4 en el lado izquierdo y 4 en el derecho, un par medio laterales y 8 setas en el margen posterior (Figura 41d); esternito V con 30 setas, 10 pares medios aglomeradas en el centro del esternito, un par medio lateral y 8 setas en el margen posterior (Figura 41 e); esternito VI con 14 setas, las m1s anteriores son tres en el lado izquierdo y tres en el lado derecho, un par de setas laterales sobre los m1rgenes y 6 setas m1s en el borde posterior (Figura 41 f); esternito VII con 8 setas, anteriormente con tres en el lado izquierdo y tres en el lado derecho y

dos más sobre el margen posterior del esternito, las quillas medias y laterales, fuertes y crenuladas (Figura 41 g).

Metasoma (Figura 42):

Segmentos I y II con las quillas dorsolaterales y laterales sup^oramedianas aserradas, lateroventrales muy ligeramente crenuladas a aserradas, dorsolaterales y laterales supramedianas con dientes triangulares fuertes, la base de la quilla inicia con un diente como grande, las quillas ventrales submedianas son lisas y ligeramente crenuladas en la parte distal; la lateral inframediana incrementa su desarrollo hasta el segmento IV, el segmentos III y IV con quillas dorsales aserradas al inicio y crenulada en la parte distal, con un diente bien definido al final, ventrolaterales ligeramente aserradas, laterales supramedianas, lateroventrales y ventrales submedianas crenuladas; segmento V con quillas dorsolaterales aserradas con dientes fuertes al inicio y crenuladas en la parte distal laterales supramedianas, lateroventrales y ventrales submedianas, crenuladas y más débiles en la parte distal.

Segmento V redondeado, ligeramente ensanchado medialmente, con quillas poco desarrolladas y completamente lisas, dorsalmente dejan un surco profundo entre ellas el cual recorre todo el segmento y es más ancho en los extremos del segmento, quillas dorsolaterales muy débiles, excepto en el borde anterior del segmento donde pueden apreciarse ligeramente crenuladas, lateroventrales con pequeños gránulos en la parte anterior que se atenúan distalmente.

Telson (Figura 15):

Vesícula elongada acanalada, tubérculo subaculear cónico muy débil, aguijón grande y curvo, quillas dorsolaterales bien desarrolladas en la base, uniéndose en una quilla lisa bien definida que llega hasta la mitad del aguijón, ventralmente se aprecian bandas de color claro y oscuro alternadas, con cuatro microsetas medioventrales, una más ubicado en la base del tubérculo y dos más en la zona distal.

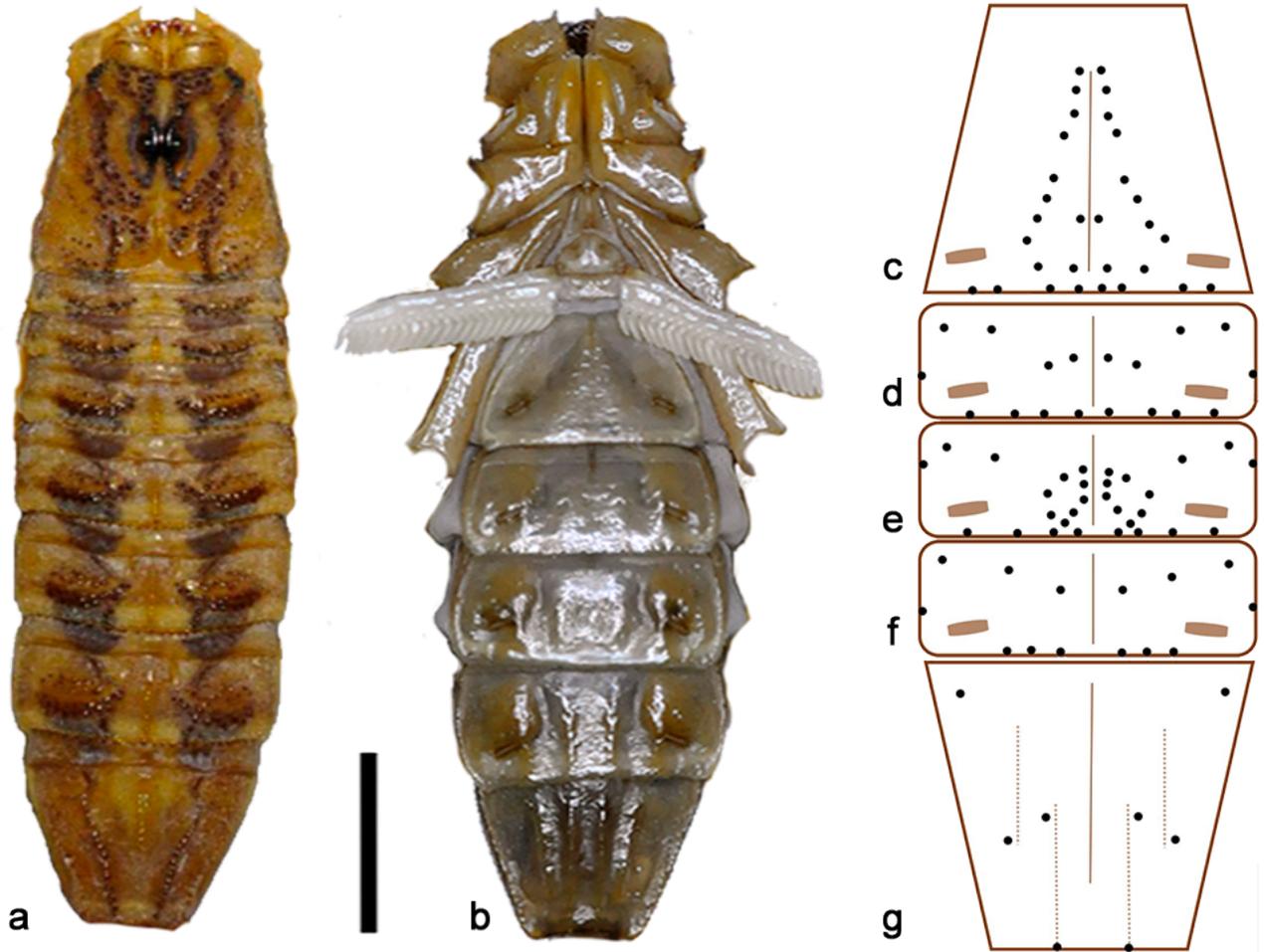


Figura 41. Mesosoma de macho de *C. infamatus* de León Guanajuato. a) vista dorsal; b) vista ventral; c-g arreglo de setas. Barra de escala 5mm



Figura 42. Metasoma de macho de *C. infamatus* de León Guanajuato. a) vista dorsal; b) vista lateral; c) vista ventral. Barra de escala 5mm.



Figura 43. Telson de macho de *C. infamatus* de León Guanajuato. a) vista dorsal; b) vista lateral; c) vista ventral. Barra de escala 1mm

Hemiespermatóforo (Figura 44):

Flageliforme, lóbulo interno poco desarrollado, ligeramente curvo y esclerotizado; lóbulo medial, poco desarrollado, ligeramente curvo y esclerotizado; lóbulo externo con forma de gancho espiniforme y esclerotizado, tronco angosto que se ensancha y se flexiona ligeramente hacia la zona de la flexión del pie; pedicelo con márgenes esclerotizados, el margen interno hacia la flexión del pedal es menos desarrollado.



Figura 44. Hemiespermatóforo de macho de *C. infamatus* de León Guanajuato.
Barra de escala 1mm.

Cuadro 10. Medidas de los ejemplares de *Centruroides infamatus* de León Guanajuato. Las medidas están expresadas en mm. CDp = Conteo de dientes pectinales; Ltot = longitud total; LCtx = longitud del carapacho; AantCtx = ancho anterior del carapacho; ApostCtx = ancho posterior del carapacho; Lmeso = longitud del mesosoma; LSMI = longitud del segmento metasomal I; LSMII = longitud del segmento metasomal II; LSMIII = longitud del segmento metasomal III; LSMIV = longitud del segmento metasomal IV; LSMV = longitud del segmento metasomal V; Lves = longitud de la vesícula; Aves = ancho de la vesícula; Hves = alto de la vesícula; Lfem = longitud del fémur del pedipalpo; Lpat = longitud de la patela del pedipalpo; Lman = longitud de la mano del pedipalpo; Ldf = longitud del dedo fijo de la quela del pedipalpo; Ldm = longitud del dedo móvil de la quela del pedipalpo; LSMesVII = longitud del segmento mesosomal VII; LBpei = longitud de la base de los peines; ABpei = ancho de la base de los peines.

Ejemplar	C Dp	L tot	L Ctx	Aant Ctx	Apost Ctx	L meso	L SMI	L SMII	L SMIII	L SMIV	L SMV	L ves	A ves	H ves	L fem	L pat	L man	Ldf	Ldm	LS MesVII	L Bpei	A Bpei
M holotipo	22-22	66.5	5.71	2.89	5.15	17.96	5.61	6.72	7.5	7.88	9.07	6.05	2.19	2.06	6.13	6.37	9.94	5.73	6.51	4.86	0.67	1.4
M paratipo 1	23-23	65.84	5.78	2.53	4.99	18.16	5.84	6.45	7.21	7.72	8.55	6.13	2.05	1.87	5.98	6.36	9.69	5.32	6.08	5.1	0.81	1.57
M paratipo 2	23-23	52.46	4.8	2.44	4.35	14.71	4.37	5.47	5.68	5.78	6.85	4.8	1.7	1.56	4.71	5.41	8.82	4.58	5.32	4.26	0.65	1.05
M paratipo 3	23-23	54.98	5.03	2.9	5.01	14.43	5.09	5.59	6.21	6.27	7.39	4.97	1.86	1.73	4.94	5.72	9.3	4.88	5.64	4.3	0.72	1.4
M paratipo 4	22-22	66.18	5.52	2.61	5.54	17.77	5.86	6.88	7.68	7.68	8.93	5.86	2.22	1.98	6.11	6.51	9.67	5.26	6.17	4.73	0.71	1.34
H paratipo 1	20-20	54.42	5.67	2.73	5.71	16.89	4.06	4.9	5.29	5.67	6.47	5.47	2.09	1.98	5.57	5.94	9.36	5.66	6.39	4.41	0.68	1.39
H paratipo 2	19-20	56.94	5.92	2.74	6.2	17.99	4.57	4.95	5.63	5.64	7.06	5.18	2.11	2.04	5.69	5.84	9.59	5.75	6.47	4.71	0.77	1.52
H paratipo 3	21-21	52.87	5.46	2.82	5.07	16.41	4.17	4.97	5.21	5.34	6.43	4.88	2.05	1.78	5.29	5.93	9.13	5.53	6.32	4.57	0.71	1.42
H paratipo 4	20-20	52.79	5.34	2.8	5.81	16.66	4.63	4.64	5.05	5.24	6.55	4.68	1.98	1.91	4.71	5.38	9.77	5.73	6.51	4.79	0.62	1.43
H paratipo 5	20-20	58.12	6	2.49	6.36	18.2	4.76	5.46	5.72	5.88	7.1	5	2.01	2.09	5.65	6.34	9.87	5.6	6.49	4.67	0.78	1.51



a



b



c



d



e



f

Figura 45. Fotografías del hábitat, a) “El corral de Piedra” León Guanajuato; b) Playa “Hinchahuevos”, San Ignacio, Sinaloa tomada de @Cacaxtla/Naturalista; c) Presa el Cajón, Santa María del Oro, Nayarit; d) “Linda vista” Jalpa, Zacatecas; e) “La chingada” Palito Verde, Uruapan, Michoacán; f). Balneario la cueva” Calvillo, Aguascalientes.



a



b



c



d



e



f

Figura 46. Fotografías de alacranes *in situ*, a) *Centruroides infamatus*; b) *Centruroides* sp1 “Sinaloa” tomada de @DiegoBarrales/Naturalista; c) *Centruroides* sp2 “Nayarit”; d) *Centruroides* sp3 “Jalpa”; e) *Centruroides* sp4 “Michoacán”; f). *Centruroides* sp5 “Aguascalientes”.

a



b

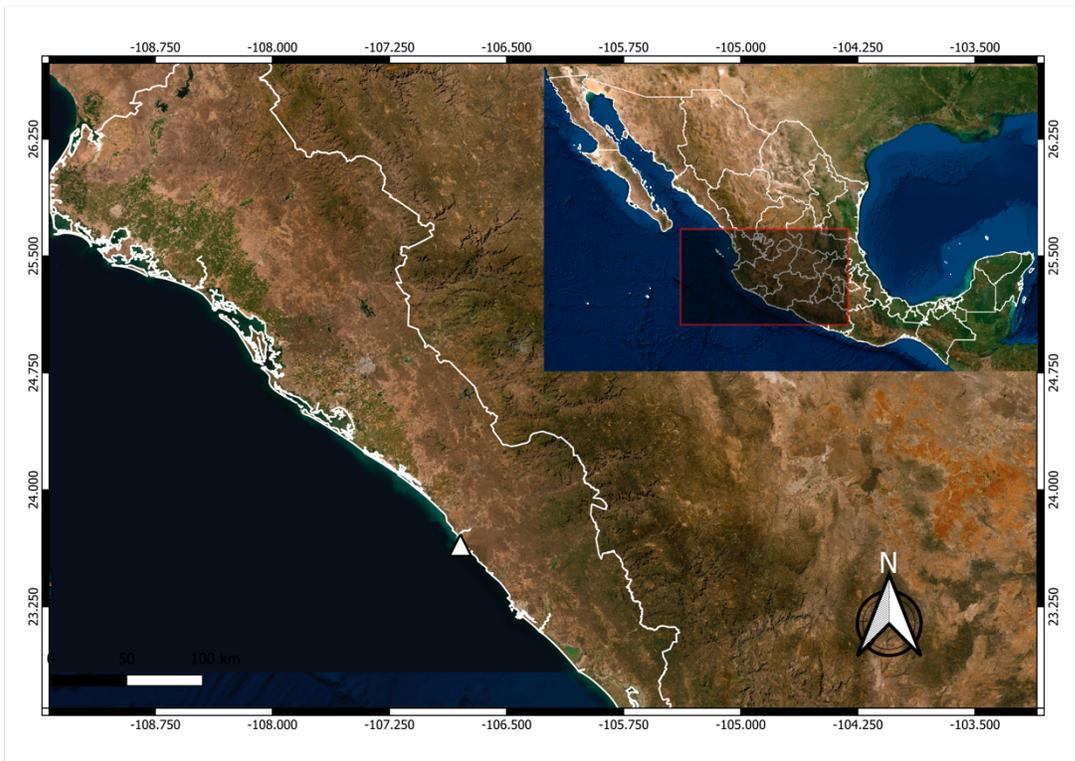


Figura 47. Mapas de ubicación a) “El corral de Piedra”, Ciudad de León y Romita Guanajuato; b) Playa “Hinchahuevos” Sinaloa.

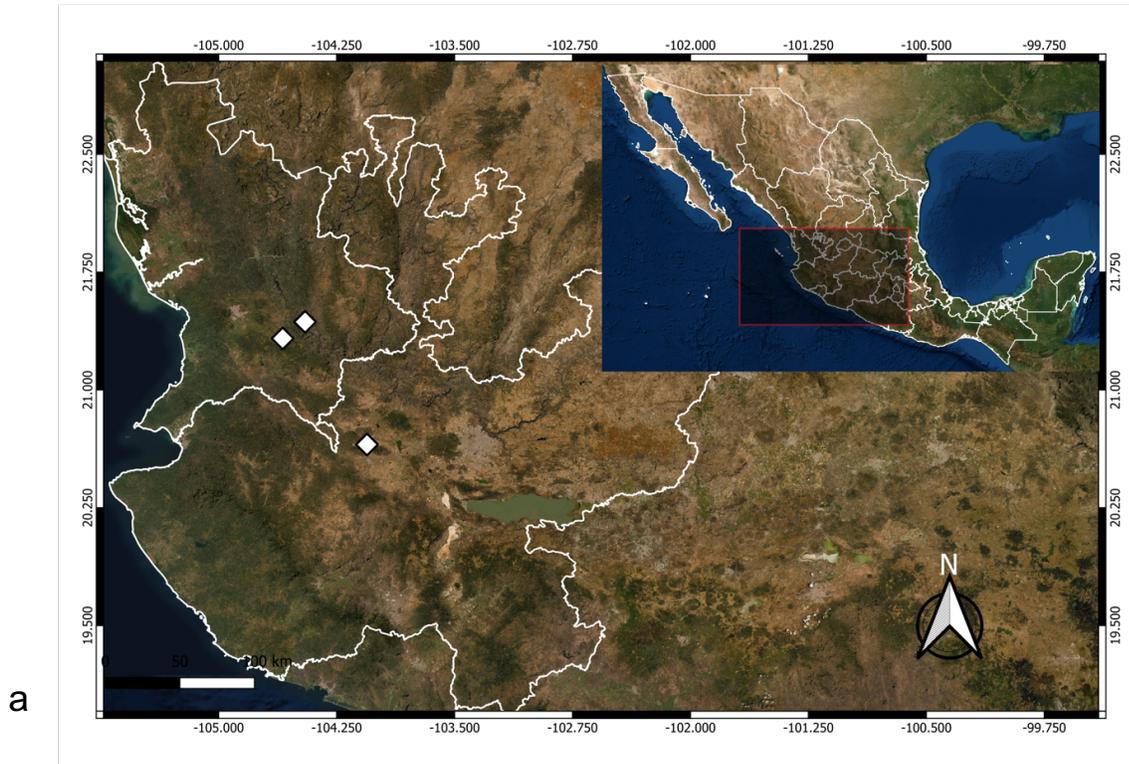


Figura 48. Mapas de ubicación a) Presa el Cajón, Santa María del Oro Nayarit, El crucero y Piedras Bola, Jalisco; b) "Linda vista" Jalpa, Zacatecas.

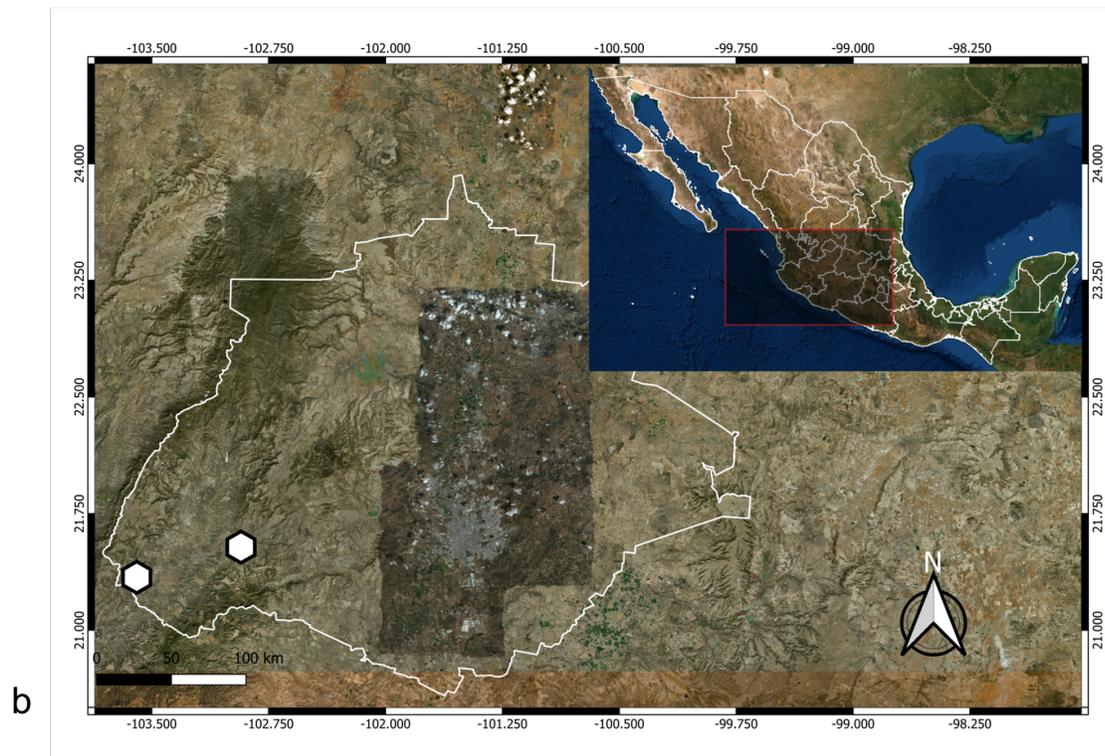
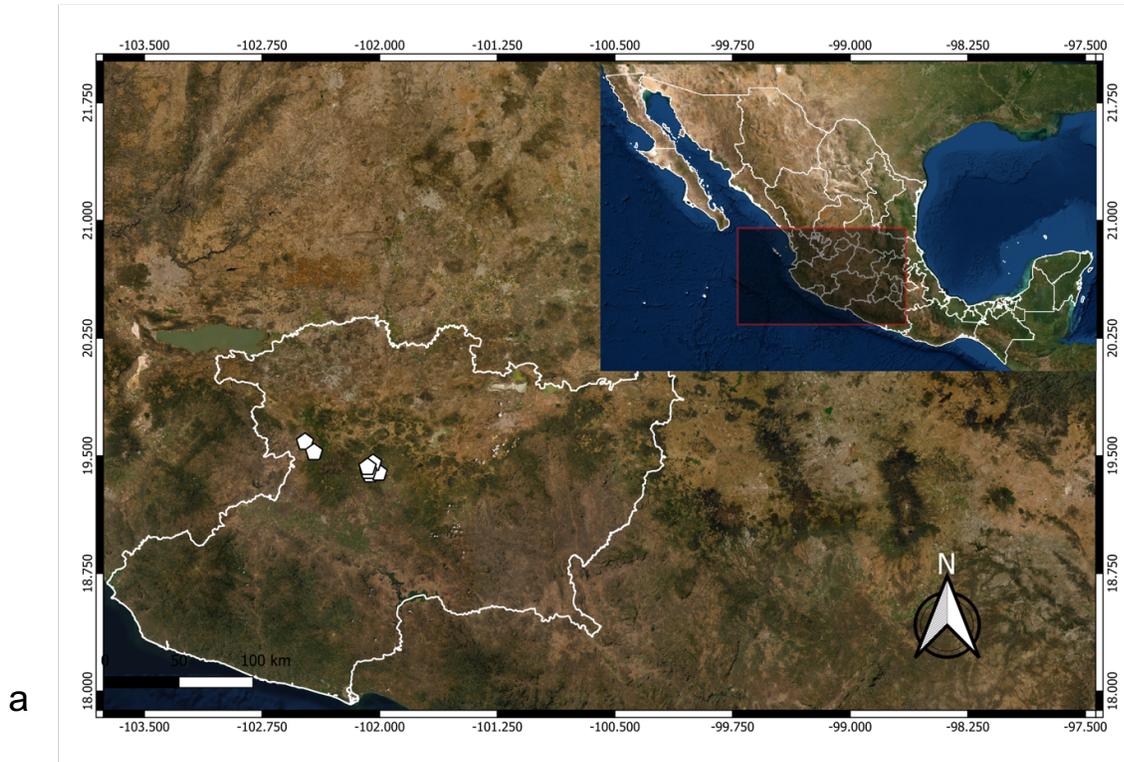


Figura 49. Mapas de ubicación a) Zumpimito, Cerro de la Cruz, Palito Verde, Uruapan, Tocumbo y Peribán Michoacán; b). “Balneario la cueva” y Presa Malpaso, Calvillo, Aguascalientes.



Figura 50. Mapa de ubicación de *Centruroides infamatus* círculos; *Centruroides* sp1 “Sinaloa” triángulos; *Centruroides* sp2 “Nayarit” rombos; *Centruroides* sp3 “Jalpa” cuadro; *Centruroides* sp4 “Michoacán” pentágonos; f). *Centruroides* sp5 “Aguascalientes” hexágono.