



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**DIVERSIDAD DE PSEUDOESCORPIONES (ARACHNIDA:  
PSEUDOSCORPIONIDA) EN ENCINARES DEL PICO DE  
ORIZABA, MÉXICO**

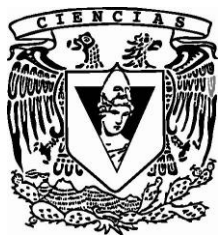
**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A:**

**DULCE FLOR PIEDRA JIMÉNEZ**



**DIRECTOR DE TESIS:  
DOCTOR EDMUNDO GONZÁLEZ SANTILLÁN  
2015**

Ciudad Universitaria, D. F.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Hoja de Datos del Jurado

### 1. Datos del alumno

Piedra

Jiménez

Dulce Flor

55 85 77 86

Universidad Nacional Autónoma de

México

Facultad de Ciencias

Biología

30719018-3

### 2. Datos del tutor

Dr.

Edmundo

González

Santillán

### 3. Datos del sinodal 1

Dr.

Fernando

Alvarez

Padilla

### 4. Datos del sinodal 2

Dr.

Hugo Harlan

Mejía

Madrid

### 5. Datos del sinodal 3

Dra.

María del Carmen

Guzmán

Cornejo

### 6. Datos del sinodal 4

M. en C.

Francisco Javier

Salgueiro

Sepúlveda

### 7. Datos del trabajo escrito

Diversidad de pseudoescorpiones (Arachnida: Pseudoscorpionida) en encinares del Pico de Orizaba, México

67 p

2015

*“We are all connected,  
to each other biologically,  
to the earth chemically,  
to the rest of the universe atomically”*

Neil deGrasse Tyson

## **Agradecimientos**

A la UNAM, en especial a la facultad de ciencias por todas las oportunidades que ofrece.

A mi director de tesis y los miembros de mi jurado:

Dr. Edmundo González Santillán

Dr. Fernando Alvarez Padilla

Dr. Hugo Harlan Mejía Madrid

Dra. María del Carmen Guzmán Cornejo

M. en C. Francisco Javier Salgueiro Sepúlveda

Por aceptar revisar mi trabajo y por sus valiosos comentarios.

A la M. en C. Laura del Castillo por ayudarme a realizar los montajes permanentes de los ejemplares.

A la gente del poblado de Atotonilco por ayudarnos en el trabajo de campo.

Al proyecto DGAPA-PAPIIT IN213612: Diversidad de las arañas araneomorfas (Arachnida, Araneae, Araneomorphae) en tres encinares de La Faja Volcánica Transmexicana, por apoyarme con las becas Licenciatura/Conclusión de estudios y Elaboración de Tesis.

## **Agradecimientos personales**

A mi director de tesis el Dr. Edmundo González Santillán, cuya ayuda y orientación fueron imprescindibles durante el desarrollo de este trabajo.

Al Dr. Fernando Alvarez Padilla por ver en mí lo necesario para incorporarme en su laboratorio, por sus valiosos consejos, correcciones, apoyo y sobre todo, por su amistad.

A mis compañeros del laboratorio: Salgueiro, Andrés, Uriel y Miguel, por enseñarnos a Mariana y a mí la dinámica del laboratorio y por convertirse en parte indispensable de mi vida, no sólo académica. No sé como agradecerles por su ayuda y por todos los buenos momentos en el laboratorio y en campo.

A mis amigos de la facultad: Perla, Annette, Lety, Leonel, Toño, Ali y Paty, por estar conmigo en las buenas y en las malas.

A mis hermanitas Ale, Fer, Ame y Yen, gracias por formar parte de vida durante todos estos años. Le Reine Cochon por siempre!

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis con todo mi corazón a mi familia, gracias por apoyarme incondicionalmente.

A mi madre por apoyarme en todo lo que pudo y a veces más.

A mi padre, cuyos consejos, enseñanzas y enorme corazón me forjaron como la persona que hoy soy. Gracias papá.

## Índice

Resumen.....	1
1. Introducción .....	2
1.1.El Orden Pseudoscorpionida De Geer, 1778.....	3
Generalidades .....	3
Historia taxonómica del Orden Pseudoscorpionida .....	4
Anatomía externa .....	5
Anatomía interna .....	10
Dimorfismo sexual .....	12
Ecología .....	12
Historia de vida .....	14
1.2.Clasificación y Sistemática del Orden Pseudoscorpionida .....	16
2. Antecedentes .....	21
2.1.El Orden Pseudoscorpionida en México .....	21
3. Objetivos .....	24
3.1.Área de estudio .....	25
Parque Nacional Pico de Orizaba .....	25
Localidad de estudio .....	27
4. Materiales y Métodos ..	28
4.1.Trabajo de campo .....	28
4.2.Procesamiento de muestras .....	28
4.3.Estimaciones de riqueza y comparación de cuadrantes ..	30
5. Resultados .....	32
5.1.Listado de especies encontradas y estimaciones de riqueza total de especies .....	32
5.2.Comparación entre cuadrantes .....	35
5.3.Análisis de estacionalidad .....	36
5.4.Diagnos de las familias, géneros y especies encontradas .....	38
5.5.Clave de identificación dicotómica para las especies encontradas .....	46
5.6.Microfotografías combinadas e ilustraciones de los caracteres diagnósticos de las especies encontradas en este estudio .....	47
6. Discusión .....	54
7. Conclusiones .....	57
Literatura Citada .....	58



## Lista de figuras

Figura 1. Vista a) dorsal y b) ventral generalizada de un pseudoescorpión (Modificado de Beccaloni, 2009).....	7
Figura 2. a) Variación de las formas del caparazón de los pseudoescorpiones; b) quelícero de <i>Lamprochernes</i> sp. y c) quela del pedipalpo de <i>Microcreagris</i> sp. (Tomado de Muchmore, 1990). .....	7
Figura 3. Apéndices del prosoma de un pseudoescorpión: a) pedipalpo, b) pata I y c) pata IV. Nótese la diferencia entre ambas patas (Modificado de Harvey, 1992).....	8
Figura 4. Quela de <i>Dendrochernes</i> sp. (Modificado de Buddle, 2010) .....	9
Figura 5. Anatomía interna de protoninfa de <i>Pselaphochernes</i> Beier, 1932: (ch) quelícero, (ol) labio superior, (ez) órgano de anclaje, (ul) labio inferior, (vdp) bomba faríngea, (f <sub>1,2</sub> ) surcos 1 y 2 del caparazón, (stb) puente del estomodeo, (g) ganglio supraesofágico, (stom) estomodeo, (zk) cuerpo central, (ug) ganglio subesofágico, (est) endosternito, (h) corazón, (vd) divertículo ventral, (go) rudimentos gonadales, (hmd) intestino medio postdiverticular, (mdd(ld)) divertículo lateral y (rb) saco rectal (Tomado de Weygoldt, 1969). .....	11
Figura 6. Genitalia interna de a) macho de <i>Pselaphochernes</i> sp. y b) hembra de <i>Pselaphochernes scorpoides</i> : (dr) glándulas que probablemente intervienen en la formación del espermatóforo, (gl) glándulas que probablemente intervienen en la formación de la bolsa incubadora (Modificado de Weygoldt, 1969) .....	11
Figura 7. a) <i>Pselaphochernes scorpoides</i> Hermann, 1804 sujeto a una mosca y b) tritoninfa de <i>Chelifer cancroides</i> Linnaeus, 1758 en su nido (Tomado de Weygoldt, 1969).....	13
Figura 8. a) Algunas fases de la danza nupcial de <i>Lasiochernes pilosus</i> Ellingsen, 1910 b) de izquierda a derecha espermatóforos de <i>Larca granulata</i> Banks, 1891, <i>Cheiridium museorum</i> Leach, 1817 y <i>Apocheiridium ferum</i> Simon, 1879, c) hembra de <i>Neobisium carcinoides</i> Hermann, 1804 con huevos en su bolsa incubadora (Modificado de Weygoldt, 1969).....	15
Figura 9. Filogenia de órdenes de arácnidos basada en el análisis morfológico de Schultz en 1990 (Tomada de Coddington <i>et al.</i> , 2004) .....	17
Figura 10. Filogenia del Orden Pseudoscorpionida propuesta por Harvey en 1992, las familias marcadas con un asterisco están registradas para México (Modificado de Coddington <i>et al.</i> , 2004).....	19
Figura 11. Primera filogenia molecular para el Orden Pseudoscorpionida propuesta por Murienne <i>et al.</i> (2008).....	20
Figura 12. Mapa del Parque Nacional Pico de Orizaba.....	26

Figura 13. Ubicación de la localidad de estudio, (C1) cuadrante 1, (C2) cuadrante 2.....	26
Figura 14. Métodos de recolecta: (a) red de golpeo, (b) trampa de caída, (c) tamizador de hojarasca, (d) embudo de Berlese-Tullgren y (e) aspirador entomológico (Modificado de Ubick <i>et al.</i> , 2005).....	29
Figura 15. Curvas de acumulación de especies según estimadores a) basados en abundancia y b) basados en incidencia.....	34
Figura 16. Valores de similitud entre ambos cuadrantes según el índice de Chao-Jaccard ( $0.88\pm 0.19$ ) y Chao-Sorensen ( $0.93\pm 0.15$ ).....	35
Figura 17. Número de ninfas de la Familia Chernetidae para cada expedición del cuadrante 1.....	37
Figura 18. <i>Chernes</i> sp01. Hembra. a) Hábito dorsal (20x). b) Hábito lateral (30x). c) Hábito ventral (20x). g) Pedipalpo izquierdo dorsal (40x). Macho. e) Hábito dorsal (20x). f) Hábito lateral (40x). g) Hábito ventral (20x). h) Pedipalpo izquierdo dorsal (40x). i) Ilustración del rallum del quelícero (400x). j) Ilustración de la quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (100x). k) Ilustración del quelícero izquierdo dorsal (400x).....	47
Figura 19. <i>Epichernes</i> sp06. Macho. a) Hábito dorsal (20x). b) Hábito ventral (20x). c) Hábito lateral (20x). d) Pedipalpo izquierdo ventral (45x). e) Ilustración del quelícero izquierdo dorsal (400x). f) Ilustración del rallum del quelícero (400x).....	48
Figura 20. <i>Hesperochernes</i> sp01. Hembra. a) Hábito dorsal (20x). b) Hábito lateral (20x). c) Hábito ventral (20x). g) Pedipalpo izquierdo ventral (40x). i) Ilustración del rallum del quelícero (400x). j) Ilustración de la quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (100x). k) Ilustración del quelícero izquierdo dorsal (400x). Macho. e) Hábito dorsal (20x). f) Hábito lateral (20x). g) Hábito ventral (20x). h) Pedipalpo izquierdo ventral (40x).....	49
Figura 21. <i>Serianus</i> sp01. Hembra. a) Hábito dorsal (25x). b) Hábito lateral (25x). c) Hábito ventral (25x). g) Pedipalpo izquierdo ventral (50x). i) Ilustración del rallum del quelícero (400x). j) Ilustración de la quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (200x). k) Ilustración del quelícero izquierdo dorsal (400x). Macho. e) Hábito dorsal (30x). f) Hábito lateral (30x). g) Hábito ventral (30x). h) Pedipalpo izquierdo ventral (50x).....	50
Figura 22. <i>Mundochthonius mexicanus</i> . Hembra. a) Hábito dorsal (40x). b) Hábito lateral (40x). c) Hábito ventral (40x). g) Pedipalpo izquierdo dorsal (80x). i) Ilustración del rallum del quelícero (400x). Macho. e) Hábito dorsal (60x). f) Hábito lateral (60x). g) Hábito ventral (60x). h) Pedipalpo izquierdo dorsal (80x). j) Ilustración de la quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (400x). k) Ilustración del quelícero izquierdo dorsal (400x).....	51
Figura 23. <i>Tyrannochthonius muchmoreorum</i> . Hembra. a) Hábito dorsal (60x). b) Hábito lateral (60x). c) Hábito ventral (60x). g) Pedipalpo izquierdo ventral (80x). j) Ilustración de la quela	

izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (200x). k) Ilustración del quelícero izquierdo dorsal (400x). Macho. e) Hábito dorsal (70x). f) Hábito lateral (70x). g) Hábito ventral (70x). h) Pedipalpo izquierdo ventral (80x). i) Ilustración del rallum del quelícero (400x) .....52

Figura 24. *Mexichelifer redelli*. Hembra. a) Hábito dorsal (25x). b) Hábito lateral (25x). c) Hábito ventral (25x). g) Pedipalpo izquierdo ventral (40x). i) Ilustración del rallum del quelícero (400x). k) Ilustración del quelícero izquierdo dorsal (400x). Macho. e) Hábito dorsal (30x). f) Hábito lateral (30x). g) Hábito ventral (30x). h) Pedipalpo izquierdo ventral (40x). j) Ilustración de la quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (100x).....53

### Lista de cuadros

Cuadro 1. Lista de las familias actuales de pseudoescorpiones y el suborden al que corresponden en las principales clasificaciones propuestas (Modificado de Harvey, 1992).....	18
Cuadro 2. Listado de las especies de pseudoescorpiones registradas para Veracruz, México, de acuerdo con Ceballos (2004) y Gaviño-Rojas (2009).....	22
Cuadro 3. Listado de especies encontradas mostrando un nuevo registro para la República Mexicana (*), dos nuevos registros para el estado de Veracruz (°) y cuatro posibles nuevas especies (^).....	32
Cuadro 4. Número de hembras y machos colectados para cada especie.....	32
Cuadro 5. Número de especímenes colectados por método. ....	33
Cuadro 6. Resultados de los análisis de diversidad de especies utilizando los estimadores disponibles en el programa EstimateS 9.1.0. Abreviaciones: S obs. especies observadas; SD, desviación estándar; Spp%, porcentaje de especies.....	33
Cuadro 7. Especies presentes en cada cuadrante.....	35
Cuadro 8. Riqueza de especies por muestreo. ....	36
Cuadro 9. Análisis de similitud entre las expediciones de los cuadrantes establecidos en campo (C1/C2). ....	36
Cuadro 10. Número de ninfas y adultos de la Familia Chernetidae colectados en el cuadrante 1...36	
Cuadro 11. Proporción (longitud/ancho) de los artejos del pedipalpo y longitud (mm) del dedo de la quela de cada especie.....	45

## Resumen

Se realizó un inventario faunístico para conocer la diversidad de pseudoescorpiones en encinares que rodean el Parque Nacional Pico de Orizaba donde se encontraron siete especies pertenecientes a cuatro familias. Estas especies se colectaron durante tres expediciones a lo largo de un año, usando métodos de colecta estandarizados en dos cuadrantes de 1 ha cada uno. Se colectaron un total de 737 organismos, 377 juveniles y 360 adultos. Los adultos fueron determinados a género y especie siendo Chernetidae la Familia más abundante y diversa con 288 adultos y tres especies, de las cuales *Chernes* sp01 resultó ser la especie más abundante con 284 adultos. Estos resultados representan cuatro nuevas especies, un nuevo registro para el País y dos para el estado de Veracruz. Para todas las especies se elaboraron diagnósicos y una clave de identificación dicotómica ilustrada con 52 imágenes digitales y 20 ilustraciones, las cuales también están disponibles en la página [www.unamfcaracnolab.com](http://www.unamfcaracnolab.com), dirigidas a otros investigadores. El análisis de riqueza de especies indicó que se colectó entre el 70% y 100% del total, como indicaron las curvas de acumulación de especies al alcanzar su asíntota. El análisis de similitud global entre los dos cuadrantes mostró una similitud de 88%-93% sin ser estas diferencias estadísticamente significativas. La similitud por cuadrante en función de la estacionalidad si arrojó diferencias significativas, pero sólo para el segundo cuadrante.

## 1. Introducción

Conocer el número de especies en la Tierra es una de las cuestiones más básicas y elusivas en el estudio de la diversidad biológica. Los estudios faunísticos son de gran importancia, ya que son fundamentales para tomar decisiones sobre áreas de conservación, asignación de recursos y planificación de uso de suelo (Coddington *et al.*, 1991). Los artrópodos cobran especial importancia en este aspecto, debido a sus distribuciones geográficas relativamente estrechas y a su alta diversidad, lo que ofrece datos de alta resolución sobre los patrones de biodiversidad. Sin embargo existen retos para entender los aspectos fundamentales de los grupos megadiversos y la adquisición de datos para la evaluación de decisiones de conservación, entre los que destacan: a) el gran número de especies sin describir, b) la falta de conocimiento acerca de la distribución geográfica y especificidades ambientales de la mayoría de las especies, y c) la falta de conciencia sobre la conservación de invertebrados en los ámbitos socio-políticos (Miller *et al.*, 2014).

Desafortunadamente el proceso de nombrar y describir a las especies requiere mucho tiempo. Una alternativa es el uso de recursos electrónicos, el cual facilita la tarea de almacenar, compartir y discutir la información de especímenes biológicos procedentes de estudios faunísticos y colecciones científicas a nivel mundial, aunque no estén listos para su publicación taxonómica formal. Con este nuevo enfoque llamado ciberdiversidad, se pueden conciliar los resultados de inventarios faunísticos independientes sin necesidad de examinar los ejemplares físicamente. Estas herramientas basadas en la Web pueden incluir colecciones de imágenes digitales, secuencias de DNA o ambos. La meta última es acumular suficientes datos para modelar patrones significativos de diversidad regional, continental e incluso global sin tener que esperar a que estas morfoespecies sean descritas formalmente (Miller *et al.*, 2014 [www.digitalspiders.org](http://www.digitalspiders.org); Morphbank, 2014; Alvarez-Padilla Laboratory, 2014 [www.unamfcaracnolab.com](http://www.unamfcaracnolab.com)).

Otro aspecto esencial de los inventarios faunísticos es la estimación de la riqueza total de especies en el área de estudio, utilizando estimadores rápidos, confiables y comparables (Coddington *et al.*, 1991). Sin embargo en los estudios que existen sobre artrópodos, específicamente arácnidos, los estimadores de riqueza de especies son usados raramente y en algunos casos son controversiales (Mora *et al.*, 2011).

En conjunto la implementación de métodos de colecta estandarizados, el uso de herramientas digitales y el uso de estimadores de riqueza de especies son cruciales para establecer las bases de una faunística comparativa, lo cual es esencial debido al ritmo acelerado de extinción de especies y degradación del ambiente.

El Orden Pseudoscorpionida es el tercero más diverso de arácnidos (no ácaros) (Coddington *et al.*, 2004) pero usualmente pasan desapercibidos por su tamaño pequeño, naturaleza críptica y por no representar un beneficio o daño directo para el ser humano. Sin

embargo, los pseudoescorpiones presentan una gran diversidad de hábitos reproductivos, ecología y comportamiento, esto es quizás lo que los hace tan interesantes para la aracnología en general. ¿Por qué estudiarlos entonces? Éstos micro artrópodos forman una parte importante de las redes tróficas e interactúan con otras especies, por ejemplo: son depredadores que ayudan a regular las poblaciones de otros organismos edáficos como colémbolos, son presas ocasionales de animales como quilópodos, arañas, escarabajos, hormigas y aves, además de ser huéspedes de parásitos como nemátodos e himenópteros (Weygoldt, 1969). Este papel ecológico cobra mayor importancia al alcanzar grandes poblaciones (Gabbutt y Vachon en 1967 reportan densidades de hasta 900 individuos por metro cuadrado en un bosque de haya). Además, son forontes frecuentes de mamíferos e insectos, por lo que representan un buen modelo para estudiar este tipo de dispersión (Weygoldt, 1969; Hoffman, 1993). Debido a que varios de sus rasgos biológicos han sido pobremente estudiados, esta tesis busca generar información adicional al respecto.

En México se conocen 18 de las 25 familias de pseudoescorpiones, 454 géneros y únicamente 162 especies (Harvey, 2013b) es decir, sólo el 4.5 % de la fauna mundial, lo que indica una escasez de estudios faunísticos para el Orden. En el presente estudio se realizó por primera vez en México un inventario faunístico de pseudoescorpiones utilizando métodos de colecta estandarizados y estadísticos para estimar la riqueza de especies de dos encinares cercanos al Parque Nacional Pico de Orizaba. Los análisis estadísticos incluyeron estimaciones de la riqueza total de especies, comparaciones de similitud entre los dos cuadrantes y de variación estacional. Se elaboraron diagnósis y claves de determinación dicotómicas a nivel de especie. Finalmente, cada especie se documentó con imágenes digitales estandarizadas e ilustraciones científicas, que están disponibles en la página del Laboratorio de Aracnología de la Facultad de Ciencias (Alvarez-Padilla Laboratory, 2014).

## **1.1 El Orden Pseudoscorpionida De Geer, 1778**

### **Generalidades**

Los pseudoescorpiones son arácnidos pequeños cuyo tamaño varía de 0.7 mm en la especie *Apocheiridium pelagicum* Redikorzev, 1938, hasta 12 mm en *Garypus titanius* Beier, 1961. Son generalmente de color café-rojizo, café-dorado o negros. Su cuerpo está comprimido dorso-ventralmente, y se divide en prosoma y opistosoma unidos por todo lo ancho (Fig. 1) (Weygoldt, 1969; Beccaloni, 2009). Actualmente se tienen registradas 3,533 especies de pseudoescorpiones distribuidas en 454 géneros y 26 familias (Harvey, 2013a). Sin embargo, se calcula que existen entre 3,500 y 5,000 especies (Coddington *et al.*, 2004). La Familia más abundante es Chernetidae Menge, 1855 con 117 géneros que contienen 663 especies (Harvey, 2013a). El fósil más antiguo

corresponde a la especie *Dracochela deprehendor* Schawaller, Shear y Bonamo, 1991 y data del periodo Devónico, hace 395 millones de años (Judson, 2012).

### **Historia taxonómica del Orden Pseudoscorpionida**

La primera mención de los pseudoescorpiones en la literatura como “pequeños escorpiones de libros” fue hecha por Aristóteles en *De animalibus historiae*. Posteriormente, Linneo describió 31 especies de ácaros, de las cuales dos: *Acarus cancroides* Linnaeus, 1758 y *A. scorpoides* Linnaeus, 1758 eran pseudoescorpiones. En la misma publicación los transfirió al género *Phalangium* Linnaeus, 1758. *P. cancroides* fue posteriormente transferido al género *Chelifer* por Geoffroy (1762), el cual fue el único género aceptado del Orden por muchos años. A su vez, De Geer (1778) hizo la descripción de dos especies, y acuñó el nombre del Orden actualmente aceptado. Fue Hermann (1804) el primero en proporcionar una cuenta sistemática de las especies del Orden, describió seis especies dividiéndolos en dos grupos según la forma de la sérrula externa del quelícero (grupos llamados posteriormente Panctenodactyli y Hemictenodactyli por Balzan en 1891). Poco después Latreille (1806) separó los pseudoescorpiones, junto con los solífugos, de otros arácnidos bajo el nombre de Faux Scorpiones (después latinizado a Pseudoescorpiones), sin embargo, no es claro quien propuso el nombre ordinal del grupo. Carl L. Koch en 1835-1850 describe 26 especies en cuatro géneros en su trabajo “Die Arachniden”. Tamerlane Thorell fue el siguiente en hacer una contribución importante a la clasificación del Orden, y lo llamó Chelonethi en 1883, debido a la presencia de un aparato tejedor en los quelíceros, nombre adoptado posteriormente por Chamberlin (1931). En 1871 Hagen hace una contribución bibliográfica importante con su “Synopsis Pseudoscorpionidum Synonymica” aunque no incluye un sistema de clasificación. En 1879, E. Simon en su monografía de las especies francesas de pseudoescorpiones, agrupa a todos en la Familia Cheliferidae Risso, 1827 con tres subfamilias: Cheliferinae Risso, 1827, Garypinae Simon, 1879 y Obisiinae Simon, 1879. Este sistema simple fue la base de clasificaciones posteriores. Luigi Balzan retomó las ideas de Hermann y, en 1891, los divide en dos subórdenes Panctenodactyli y Hemictenodactyli, con base en la unión completa o parcial de la sérrula externa al quelícero. En esta clasificación se enfatiza sobremanera la importancia de la estructuras del quelícero. Hansen en 1893 retoma esta clasificación con un mejor entendimiento de las homologías dentro del Orden y confiere a las estructuras del quelícero la importancia adecuada. En los siguientes 100 años, sólo cinco géneros más fueron nombrados, y las especies del género *Chelifer* se trasladaron a otros géneros (Chamberlin, 1931).

Posteriormente Chamberlin (1929, 1930) realizó revisiones extensivas de esta clasificación, y en 1931 publica su obra “The arachnid Order Chelonethida”, en donde divide al taxón en tres subórdenes, seis superfamilias, 18 familias y 80 géneros, y propone una de las primeras filogenias

para el Orden. Poco después, Beier (1932a, b) propuso una clasificación alternativa con tres subórdenes, 14 familias y 160 géneros.

Otros trabajos importantes fueron “Pseudoscorpions of Illinois”, con indicaciones para su colecta, preservación y montaje (Hoff, 1949); el listado de especies para Norteamérica con una clave para la identificación de familias y géneros (Hoff, 1958); el libro “Biology of Pseudoscorpions” de Peter Weygoldt (1969), donde explica la biología del Orden en gran detalle; la clave para la identificación de familias y géneros de Norteamérica de Muchmore (1990); el “Catalogue of the Pseudoscorpionida” de Harvey (1991), que contiene ya 23 familias, 435 géneros y 3,300 especies; así como la filogenia del Orden propuesta por el mismo autor en 1992, con una diagnosis de las familias y una nueva clasificación que incluye dos subórdenes, dos infraórdenes, dos microórdenes, cinco superfamilias, 24 familias, 440 géneros y más de 3,000 especies. La mayor contribución en cuanto a descripción de especies para el Orden fue hecha por Beier, con 1,180 descripciones válidas, es decir, el 33% de las especies reconocidas. Le siguen V. Mahnert con el 7.8% , W. B. Muchmore con el 7.6%, J. C. Chamberlin con el 5% y C. C. Hoff con el 3.5 (Chamberlin, 1931; Beier, 1932a, 1932b; Hoff, 1956a, 1956b; Mahnert, 1979, 1981, 2011; Muchmore, 1992a, 1992b; entre otros) .

### **Anatomía externa**

*Exoesqueleto*: su superficie puede ser lisa u ornamentada con gránulos o reticulaciones. La superficie de los esternitos, caparazón y apéndices posee macrosedas, estando más concentradas en la parte posterior del opistosoma. Los órganos liriformes se encuentran distribuidos en todo el cuerpo (sobre todo en la parte ventral) y detectan la deformación del exoesqueleto (Weygoldt, 1969). Aunque en general el exoesqueleto es relativamente grueso e hidrofóbico, puede serlo aún más en especies de ambientes secos como *Cheiridium museorum* Leach, 1817, o más delgado en especies cavernícolas como *Roncocreagris blothroides* Beier, 1962, como revela su color pálido (Beccaloni, 2009).

*Prosoma*: está conformado por seis segmentos fusionados que dorsalmente forman un caparazón de forma variable (Fig. 2a), que por lo general presenta dos surcos transversales. Éste puede ser liso u ornamentado con tubérculos (Muchmore, 1990). Ventralmente el prosoma está cubierto por las coxas de los pedipalpos y patas, por lo que los pseudoescorpiones no presentan un esternón verdadero (Beccaloni, 2009), aunque especies de la superfamilia Chthonioidea Daday, 1888 presentan un tubérculo intercoxal (Fig. 1b, Muchmore, 1990). La mayoría de los pseudoescorpiones presentan uno o dos pares de ocelos cerca de ambos extremos del margen anterior del caparazón, que pueden ser aplanados o abultados, éstos últimos también llamados corneados (Fig. 1a, 2a). Sin embargo, éstos solo les permiten diferenciar la luz de la oscuridad,



incluso algunas especies troglomorfas como *Aphrastochthonius major* Muchmore, 1973 carecen de ocelos. (Beccaloni, 2009).

El primer par de apéndices son los quelíceros, que se localizan en el margen anterior del caparazón y son variables en tamaño (Fig. 1, 2b). Se trata de estructuras queladas compuestas de un dedo móvil y uno fijo. Entre sus diversas funciones destacan sostener y macerar a la presa, como órganos sensitivos y de limpieza. De acuerdo con Muchmore (1990) poseen cinco o seis macrosetas en posición dorsal nombradas como sigue: seda exterior (*es*) cerca de la articulación del dedo móvil; seda basal (*b*) y subbasal (*sb*) en la superficie de la mano o base del dedo fijo; seda interior (*is*) y laminal (*ls*) a lo largo del dedo fijo; y seda galeal (*gs*) en la porción distal del dedo móvil (Fig. 2b). Así mismo, presentan un conjunto de sedas llamado rallum en la parte ventral media del quelícero, una sérrula interna en posición retrolateral del dedo fijo, una sérrula externa en posición retrolateral del dedo móvil (las cuales funcionan como órganos de acicalamiento) y una galea al final del dedo móvil (Weygoldt, 1969). El número y tipo de sedas en los quelíceros (incluidas las que conforman el rallum), así como la ramificación de la galea son caracteres de importancia taxonómica. La galea se encuentra conectada a glándulas de seda en el prosoma, la cual utilizan para la construcción de refugios para mudar, hibernar o para hacer la bolsa incubadora (Harvey, 2013b). En los animales viejos, especialmente los machos, estas glándulas tienden a degenerar (Weygoldt, 1969).

Como muestra la figura 3a los pedipalpos son apéndices quelados, semejantes a los de los escorpiones en estructura. Poseen seis artejos: coxa o gnaticoxa, trocánter, fémur, patela, tibia o mano con dedo fijo y tarso o dedo móvil (Harvey, 1992; Beccaloni, 2009). Los dedos presentan una hilera de dientes en el margen interior, cuyo tamaño y separación son de importancia taxonómica, así como la presencia de dientes accesorios en el caso de la Familia Chernetidae (Fig. 4). Además, las coxas sirven como piezas bucales accesorias (Muchmore, 1990). Todas las especies del suborden locheirata Harvey, 1992 poseen glándulas de veneno, ya sea en la base de la quela, o en uno o ambos dedos. El tejido glandular parece rodear reservorios de veneno en forma de saco que se conectan a ductos tubulares de diámetro menor, que a su vez se unen a un ducto simple que desemboca en un diente de veneno para inocular a la presa (Fig. 4). El punto donde los ductos secundarios se unen al ducto simple se conoce como *nodus ramosus* (Chamberlin, 1931; Muchmore, 1990; Harvey, 2013b). Aunque no existen muchos estudios sobre el veneno de éstos micro artrópodos, se sabe que el veneno de *Paratemnus elongatus* Banks, 1895 contiene componentes peptídicos y no peptídicos de bajo peso molecular (menores a 1, 000 daltones) que podrían ser antagonistas de los receptores de L-glutamato, el neurotransmisor más importante de los vertebrados (Santos y Coutinho-Netto, 2006).

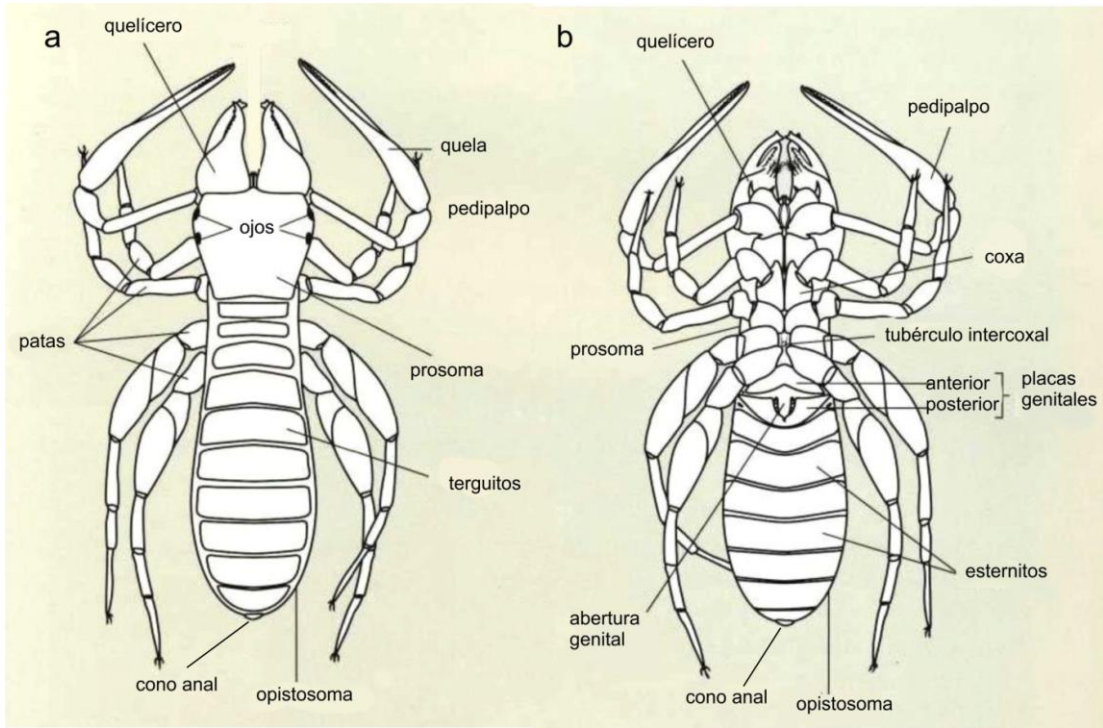


Figura 1. Vista a) dorsal y b) ventral generalizada de un pseudoescorpión (Modificado de Beccaloni, 2009).

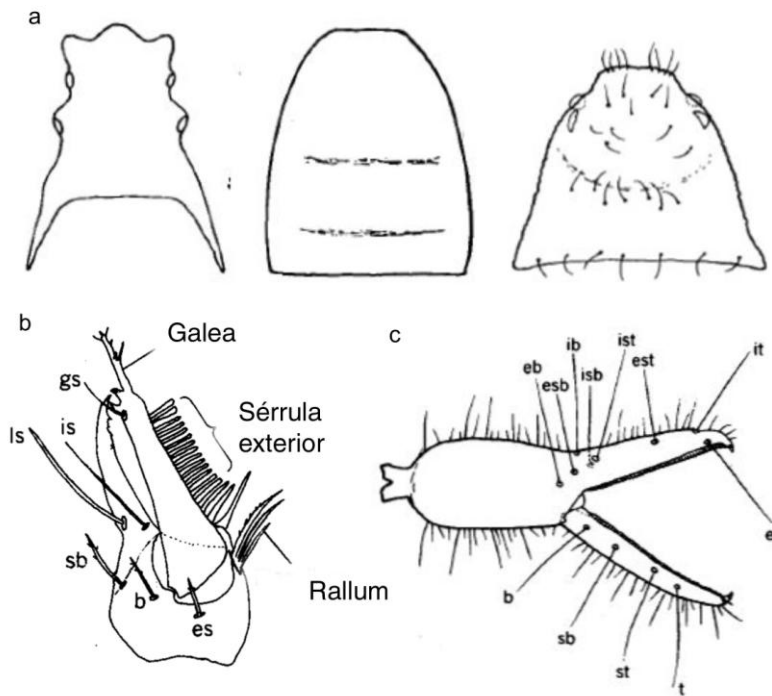


Figura 2. a) Variación de las formas del caparazón de los pseudoescorpiones; b) quelicero de *Lamprochernes* sp. y c) quela del pedipalpo de *Microcreagris* sp. (Tomado de Muchmore, 1990).

Además de ser usados para capturar y matar a sus presas, los pedipalpos son importantes estructuras sensoriales, ya que presentan numerosas sedas táctiles y quimiosensibles, así como tricobotrias cuya posición en la quela es de gran importancia taxonómica. Los pseudoescorpiones generalmente presentan 12 tricobotrias, cuatro en el dedo móvil: basal (*b*), subbasal (*sb*), subterminal (*st*) y terminal (*t*) en la superficie retrolateral; y ocho en el fijo: exterior basal (*eb*), exterior subbasal (*esb*), exterior subterminal (*est*) y exterior terminal (*et*) en la superficie retrolateral e interior basal (*ib*), interior subbasal (*isb*), interior subterminal (*ist*) e interior terminal (*it*) en la superficie prolateral (Fig. 2c) (Muchmore, 1990; Beccaloni, 2009).

Posteriormente, el prosoma de los pseudoescorpiones presenta cuatro pares de apéndices locomotores o patas (Fig. 3b,c), siendo el primer y segundo par usualmente distintos en estructura, movimiento y postura al tercer y cuarto par (Muchmore, 1990). Cada pata consta de seis o siete artejos: coxa, trocánter, fémur, patela, tibia y tarso, pudiendo estar el tarso dividido en metatarso y tarso (Harvey, 1992). Dependiendo de esta división, los pseudoescorpiones pueden pertenecer al grupo Heterosphyronida Chamberlin, 1931 u Homosphyronida Chamberlin, 1931. Éstos arácnidos son capaces de caminar en superficies lisas ya que al final de cada tarso poseen un par de uñas y un órgano adhesivo transparente llamado arolio (Muchmore, 1990; Beccaloni, 2009).

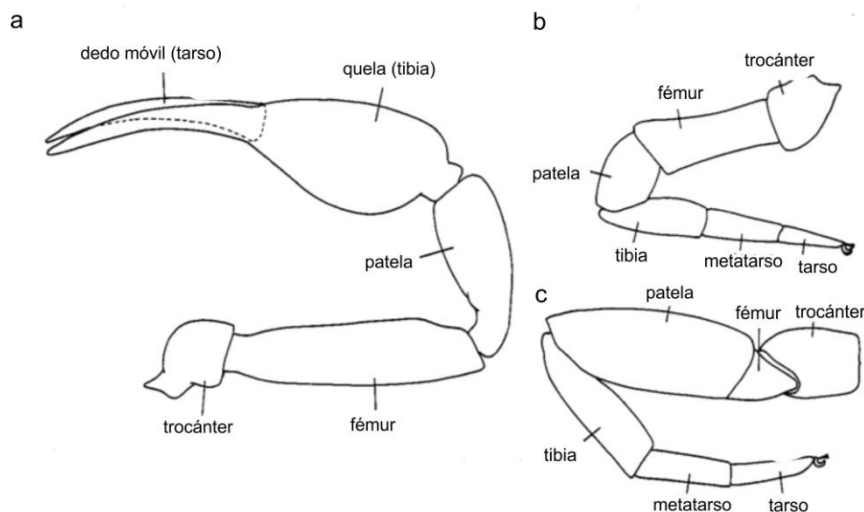


Figura 3. Apéndices del prosoma de un pseudoescorpión: a) pedipalpo, b) pata I y c) pata IV. Nótese la diferencia entre ambas patas (Modificado de Harvey, 1992).

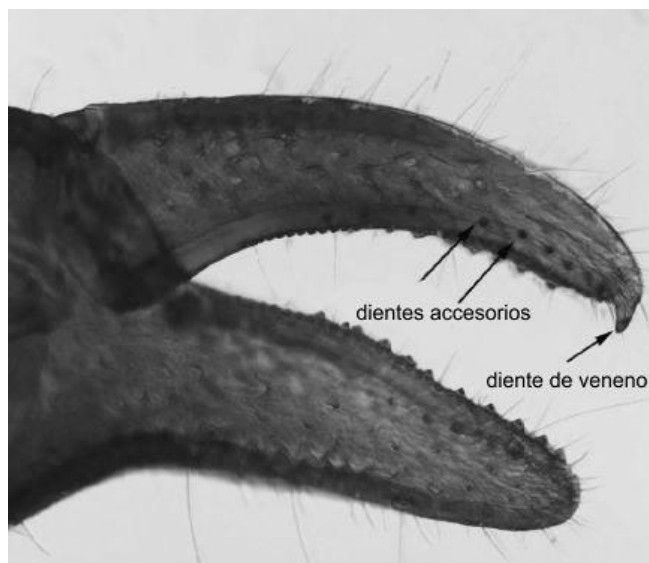


Fig. 4. Quela de *Dendrochernes* sp. (Modificado de Buddle, 2010).

*Opistosoma* o *abdomen*: está unido al prosoma a todo lo ancho, existiendo nula movilidad entre éstos (excepto en la Familia Feaellidae Ellingsen, 1906). Como muestra la figura 1 el opistosoma se encuentra dividido en 12 segmentos, presentando 11 terguitos completos o divididos a la mitad y sólo 10 esternitos (ya que el esternito I está reducido), mientras que el II y el III forman la placa genital. El segmento XII está reducido formando un cono anal que se puede retraer en el segmento XI (Weygoldt, 1969; Muchmore, 1990). Ambos sexos presentan un escudo llamado opérculo genital, conformado por las placas de los esternitos II y III, que cubre el atrio genital. En los machos el opérculo está modificado con un surco más profundo por donde el espermatóforo es liberado (Fig. 8b) (Beccaloni, 2009). El abdomen es muy flexible gracias a las membranas pleurales e intersegmentales que rodean a las placas del exoesqueleto, lo que le permite una considerable expansión según el estado reproductivo o nutricional del animal (Muchmore, 1990; Beccaloni, 2009).

Los terguitos y esternitos del abdomen presentan una o más hileras de sedas, cuyo número es de importancia taxonómica. Para facilitar su descripción se utiliza una notación numérica, en la cual se enlista el número total de sedas para los terguitos I al IX o esternitos IV al IX (después del opérculo genital). Cuando existe más de una hilera de sedas el número se representa como fracción, por ejemplo: 14: 8/14: 8/12: 8/12: 10/10... (Chamberlin, 1931).

## **Anatomía interna**

El sistema nervioso central se concentra en el prosoma formando un ganglio cerebral sencillo que rodea al esófago (Fig. 5). Los ganglios de los segmentos están unidos a la masa subesofágica (Weygoldt, 1969).

El corazón es una estructura elongada que yace dorsalmente en los primeros cuatro segmentos del opistosoma (Fig. 5). Se trata de una bomba básica que manda la hemolinfa a través de la aorta a la parte anterior del cuerpo. Puede presentar dos o cuatro pares de ostíolos, según la especie (Weygoldt, 1969; Beccaloni, 2009). Los pseudoescorpiones poseen dos pares de tráqueas tubulares que terminan en una masa de traqueolas sin ramificación posterior. El par anterior abastece de oxígeno al prosoma, mientras que el par posterior al opistosoma. Estas tráqueas desembocan en dos pares de espiráculos en los segmentos abdominales III y IV (Muchmore, 1990; Beccaloni, 2009). Dichos espiráculos se cierran por acción muscular. Algunas especies presentan placas estigmáticas (Beccaloni, 2009). El intercambio gaseoso parece ser por difusión (Weygoldt, 1969).

La boca es una hendidura entre dos proyecciones o labios, el inferior es inmóvil y el superior o epifaringe encaja sobre éste. Así, las coxas de los pedipalpos, el extremo de los quelíceros y los labios forman la cavidad pre-oral. Las partículas grandes son filtradas gracias a estas estructuras, para que sólo el líquido sea ingerido. De la boca continúa la faringe, el intestino anterior esclerosado, la parte anterior del intestino medio o región glandular (con divertículos gástricos, indispensable para la digestión, almacén y excreción), el área posterior del intestino medio es un tubo que se amplía al final para formar un saco rectal, el intestino posterior esclerosado y finalmente, el ano (Fig. 5) (Weygoldt, 1969; Beccaloni, 2009).

El órgano excretor más importante son los divertículos del intestino medio, ya que poseen las células excretoras (Fig. 5). En éstas se forman gránulos de desechos que son arrojados al lumen del intestino. Durante su paso a la segunda parte del intestino medio, el material es transformado en cristales, probablemente de guanina (Weygoldt, 1969). También poseen glándulas coxales en el tercer par de patas, homólogas a los nefridios, probablemente involucradas en la excreción (Beccaloni, 2009).

Los órganos sexuales se encuentran en el opistosoma. En las hembras un par de oviductos se extienden desde su parte anterior hasta el atrio genital, el cual está protegido por el opérculo genital. Cuando los huevos salen son depositados en un saco o bolsa incubadora que permanece unido a su abertura genital. La mayoría de las especies poseen pequeñas estructuras eréctiles llamadas gonopodos o gonosacos en el opérculo genital, que sostienen la bolsa mientras se endurece. Al mismo tiempo, las células del ovario que no produjeron folículos forman un epitelio plano que rodea el lumen del ovario, cuando los huevos son depositados este epitelio entra en una fase secretora y produce una secreción nutritiva que alimenta a los embriones en desarrollo (Fig.

6b). Algunas familias (p. ej. Chernetidae y Cheliferidae) tienen además, una o dos espermatecas que se extienden desde el atrio, donde el esperma permanece viable por meses o incluso años (Beccaloni, 2009). En los machos los testículos están lobulados de varias formas. Un par de conductos deferentes se extienden desde su parte anterior y se ensanchan para formar receptáculos seminales, que se vacían en el atrio genital. El atrio posee distintos pliegues para formar la cabeza del espermátforo, y glándulas accesorias relacionadas con la formación de éste (Fig. 6a). En ambos sexos, el atrio genital varía de acuerdo a la familia (Beccaloni, 2009).

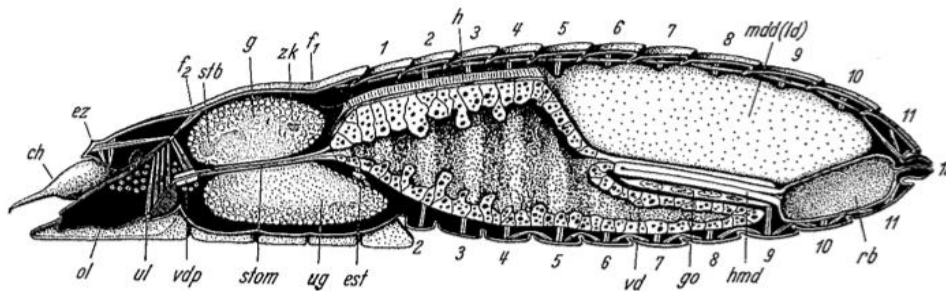


Figura 5. Anatomía interna de protoninfa de *Pselaphochernes* Beier, 1932: (ch) quelícero, (ol) labio superior, (ez) órgano de anclaje, (ul) labio inferior, (vdp) bomba faríngea, (f<sub>1,2</sub>) surcos 1 y 2 del caparazón, (stb) puente del estomodeo, (g) ganglio supraesofágico, (stom) estomodeo, (zk) cuerpo central, (ug) ganglio subesofágico, (est) endosternito, (h) corazón, (vd) divertículo ventral, (go) rudimentos gonadales, (hmd) intestino medio postdiverticular, (mdd(ld)) divertículo lateral y (rb) saco rectal (Tomado de Weygoldt, 1969).

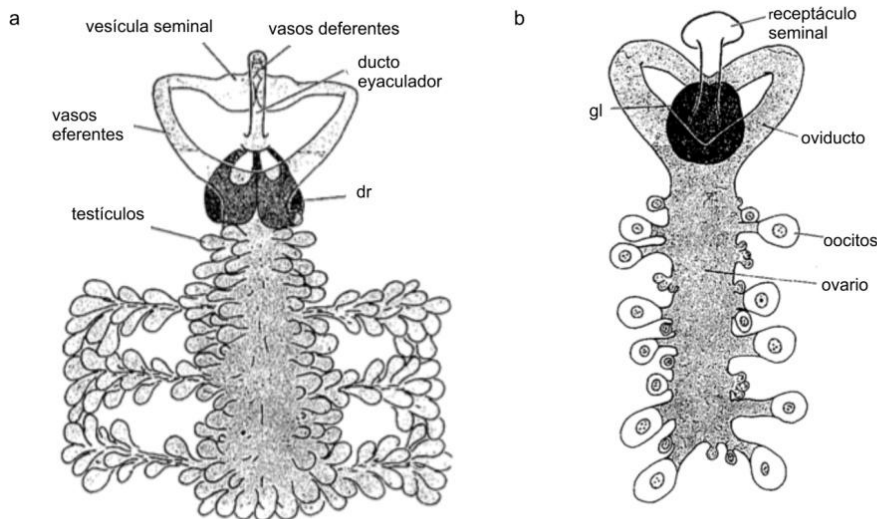


Figura 6. Genitalia interna de a) macho de *Pselaphochernes* sp. y b) hembra de *Pselaphochernes scorpioides*: (dr) glándulas que probablemente intervienen en la formación del espermátforo, (gl) glándulas que probablemente intervienen en la formación de la bolsa incubadora (Modificado de Weygoldt, 1969).

## Dimorfismo sexual

Estos arácnidos son organismos dióicos y presentan diversos caracteres dimórficos. En algunas especies el área genital de la hembras es brillante, mientras que en los machos es una región más oscura que el resto del cuerpo (Weygoldt, 1969). Al igual que la mayoría de los arácnidos, los machos suelen ser de menor tamaño que las hembras, las cuales además, poseen una galea más desarrollada. En la Familia Cheliferidae Risso, 1827 los machos presentan el tarso I modificado con las uñas más largas y los órganos genitales están altamente modificados, algunas especies poseen sacos coxales en el cuarto par de patas, una invaginación anterior llamada *statumen convolutum* y órganos “ram’s horn” (sacos genitales eréctiles) (Hoff, 1949). Algunas especies muestran diferencias en las proporciones de apéndices como los pedipalpos (Beccaloni, 2009).

## Ecología

Los pseudoescorpiones son animales esencialmente crípticos, ocupan prácticamente todos los hábitats terrestres, siempre y cuando existan hendiduras para ocultarse y, preferentemente, con altos niveles de humedad. Por esta razón son más comunes en hojarasca, debajo de rocas, troncos caídos o bajo corteza de árboles (Weygoldt, 1969; Beccaloni, 2009). Se pueden encontrar en cuevas, desiertos, bosques de inundación anual, dunas de arena y zonas intermareales; así como en nidos de aves, ardillas, murciélagos, topos, termitas, e incluso en colmenas. Mientras algunas especies utilizan un amplio rango de hábitats, otras poseen una distribución más limitada (p. ej. *Microbisium brevifemorum* Ellingsen, 1903 habita únicamente en pantanos con *Sphagnum* sp.) (Beccaloni, 2009). Muchas especies se encuentran asociadas a construcciones, como casas, bibliotecas, invernaderos, jardines, graneros, gallineros, entre otros (Hoffmann, 1993; Beccaloni, 2009). En todos estos hábitats suelen construir refugios (Fig. 7b), pequeñas cámaras cubiertas de seda, en donde mudan o hibernan (Hoffman, 1993).

Los pseudoescorpiones habitan principalmente en zonas tropicales y subtropicales, pero algunos se distribuyen desde zonas templadas hasta boreales. Por ejemplo, el género *Neobisium* Chamberlin, 1930 tiene una distribución circumpolar, y la especie *Neobisium jugorum* L. Koch, 1873 se ha encontrado en los Alpes a una altitud de 2,900 msnm (Weygoldt, 1969). Como en otros arácnidos, la altitud parece influenciar la abundancia y diversidad de las especies de este Orden. Hoff (1959) realizó un muestreo intensivo en diferentes tipos de vegetación de Nuevo México, representando pisos altitudinales, y como ya sugerían algunos trabajos anteriores (Roewer, 1940), encontró que la mayoría de las especies tienen una distribución altitudinal limitada, encontrándose la mayoría entre los 1,828 y los 2,438 msnm. Por supuesto, la preferencia por estos hábitats se relaciona con la temperatura y la humedad de los microhábitats disponibles. Así, especies pequeñas y poco esclerosadas como la Familia Chthoniidae Daday, 1888 están mejor adaptadas a

mayores elevaciones con mucha humedad, mientras que otras más grandes y esclerosadas (como Chernetidae y Cheliferidae) pueden habitar lugares semi-áridos a menor altitud (Hoff, 1959).

Muchos pseudoescorpiones presentan el fenómeno llamado foresia, una asociación temporal de un animal o foronte, que utiliza a otro más grande o huésped, como medio de transporte, sin que haya una interacción metabólica (Hoffmann, 1993); principalmente con dípteros (Fig. 7a), coleópteros y algunos mamíferos. Este comportamiento se puede observar en algunos miembros de Tridenchthoniidae Balzan, 1892, Lechytiidae Chamberlin, 1929, Syarinidae Chamberlin, 1930, Geogarypidae Chamberlin, 1930, Larcidae Harvey, 1992, Sternophoridae Chamberlin, 1923, Cheiridiidae Hansen, 1894 y Cheliferoidea Risso, 1826 (Beier, 1948; Ressler, 1965; Muchmore, 1971; Harvey, 1985; Aguiar y Bührnheim, 1998). Los pseudoescorpiones forontes presentan comportamientos interesantes, los machos de *Cordylochernes scorpoides* L. 1758 trepan por debajo de los élitros del cerambícido *Acrocinus longimanus* L. 1758 y además de usar a este escarabajo para dispersarse, lo usan como sitio estratégico para inseminar hembras. Además pueden durar hasta dos semanas sobre el huésped, por lo que usan sus glándulas de seda para construir arneses de seguridad, formando eventualmente estructuras más complejas parecidas a nidos e incluso producen un hilo de seda para descender del coleóptero (Zeh y Zeh, 1991).

En México se tienen registros de pseudoescorpiones foréticos sobre coleópteros de la Familia Elateridae Leach, 1815 (Villegas-Guzmán, 2004) y Passalidae Leach, 1815 (Reyes-Castillo y Hendrichs, 1975). Adicionalmente, la especie *Lustrochernes minor* Chamberlin, 1938 reportada en cuevas del estado de Yucatán, se encontró como foronte de un gato en la ciudad de México (Villegas-Guzmán y Pérez, 2005b). También se conocen 32 especies de pseudoescorpiones asociadas a nidos de nueve especies de ratas del género *Neotoma* Say y Ord, 1825. Ocho de

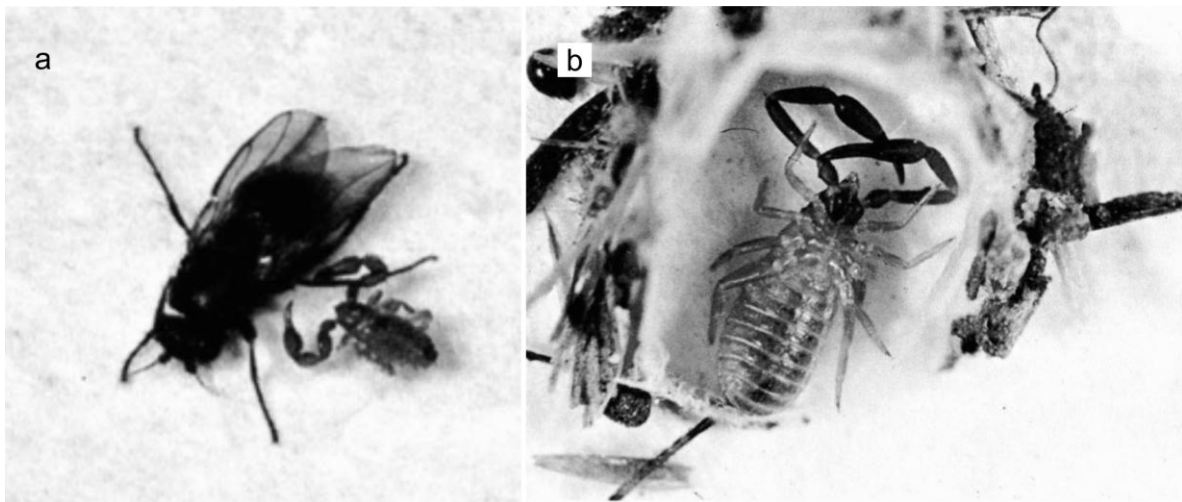


Figura 7. a) *Pselaphochernes scorpoides* Hermann, 1804 sujeto a una mosca y b) tritoninfa de *Chelifer cancrivorus* Linnaeus, 1758 en su nido (Tomado de Weygoldt, 1969).



estas especies de pseudoescorpiones se han encontrado únicamente dentro de los nidos (incluyendo sus estadios ninfales), por lo que se propone una asociación comensalista al beneficiarse de la protección del nido, o mutualista al alimentarse de los ectoparásitos de las ratas, usando la foresia sólo para dispersarse a otros nidos (Francke y Villegas-Guzmán, 2006). La única especie reportada con modificaciones morfológicas para la foresia es *Chiridiochernes platypedipalpus* Muchmore, 1972, un forante de ratas en Indonesia (Muchmore, 1972).

Estos organismos son depredadores, cazan otros artrópodos como colémbolos, ácaros, dípteros, hormigas, larvas de escarabajo y psocópteros, los cuales pueden detectar a una distancia de 15 mm, por medio de corrientes de aire que perciben las tricobotrias de sus pedipalpos (Beccaloni, 2009). Sujetan a sus presas con las quelas de sus pedipalpos, y en caso de poseer glándulas de veneno las utilizan para inmovilizar a la presa; de lo contrario la pasan rápidamente a los quelíceros (Muchmore, 1990). Familias como Chthoniidae Daday, 1888 y Neobisiidae Chamberlin, 1930 mastican a su presa con los quelíceros, mientras que es digerida por el fluido que secretan desde sus glándulas salivales (glándulas de Wassman), para posteriormente ingerir el tejido licuado. Otras familias como Olpiidae Banks, 1895 y Garypidae Simon, 1879, poseen una cavidad pre-oral más especializada, hacen uno o varios orificios en la presa donde inyectan el fluido digestivo y después absorben el contenido. Esto les permite alimentarse de presas de mayor tamaño, de las que usualmente sólo queda el exoesqueleto intacto (Weygoldt, 1969). El abdomen se puede dilatar como resultado del almacenaje de lípidos y glicógeno en divertículos gástricos, por lo que puede permanecer semanas (incluso meses) sin alimento (Beccaloni, 2009).

### **Historia de vida**

La transferencia espermática es indirecta, se lleva a cabo mediante un espermatóforo (Fig. 8b) que el macho adhiere al sustrato mediante un delgado pedicelo y que la hembra succiona por medio de su abertura genital (Beccaloni, 2009). Este proceso varía entre familias, por ejemplo, en la mayoría de las familias (Chthoniidae, Tridenchthoniidae, Pseudogarypidae Chamberlin, 1923, Neobisiidae, Garypidae, Larcidae, Geogarypidae, Olpiidae y Cheiridiidae) el macho deposita varios espermatóforos sin que exista una hembra presente, destruyendo periódicamente los viejos. En contraste, los machos de *Serianus* Chamberlin, 1930 (Garypinidae Daday, 1888), necesitan encontrar una hembra y aunque no interactúa directamente con ella, deposita un paquete de esperma, al que adhieren un hilo de seda (producido por la glándula rectal) impregnado de feromonas. Existen familias (Atemnidae Kishida, 1929, Cheliferidae, Chernetidae y Withiidae Chamberlin, 1931) que realizan un cortejo elaborado (Fig. 8a) donde el macho constantemente sujeta a la hembra con sus pedipalpos y la guía al espermatóforo (Hoffman, 1993; Harvey, 2013b).

Una vez fertilizada, la hembra deposita los huevos en una bolsa incubadora unida a la abertura genital (Fig. 8c). Las hembras de algunas especies hibernan en una cámara de seda

durante la ovoposición y desarrollo de las crías (Hoffman, 1993), mientras que otras permanecen en vida libre (Gabbutt, 1969).

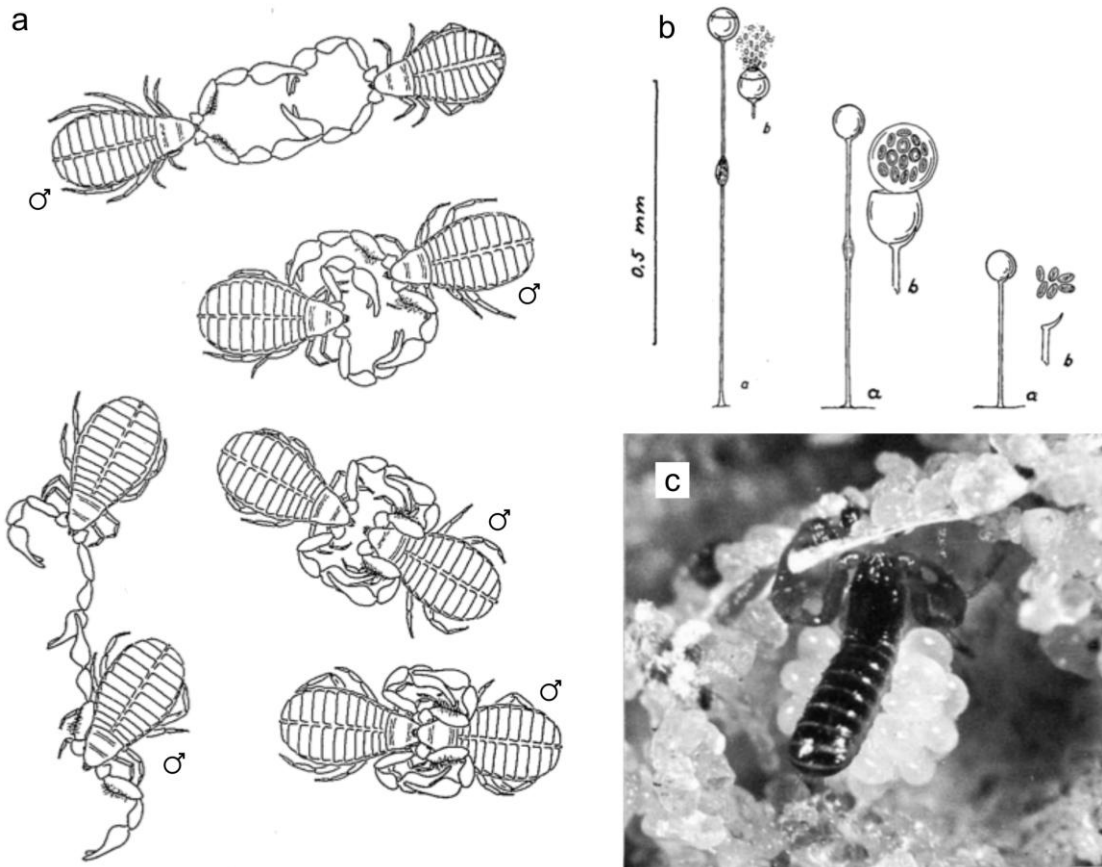


Figura 8. a) Algunas fases de la danza nupcial de *Lasiochernes pilosus* Ellingsen, 1910. b) de izquierda a derecha espermatóforos de *Larca granulata* Banks, 1891, *Cheiridium museorum* Leach, 1817 y *Apocheiridium ferum* Simon, 1879, c) hembra de *Neobisium carcinoides* Hermann, 1804 con huevos en su bolsa incubadora (Modificado de Weygoldt, 1969).

El número de huevos fertilizados varía de tres hasta 40. Las hembras alimentan a sus embriones mediante un líquido rico en polisacáridos, fosfolípidos y proteínas, secretado por células del ovario. Este líquido pasa hasta la bolsa incubadora, donde los embriones lo toman con ayuda de un órgano succionador, que más tarde se transformará en el aparato bucal de las ninfas y el adulto. Las crías son retenidas en la bolsa de la madre hasta que alcanzan el primer estado ninfal o protoninfa, a éste le siguen los estados de deutoninfa, tritoninfa y finalmente el adulto, pasando por las correspondientes mudas. Las ninfas son de menor tamaño que el adulto, están menos esclerosadas (más pálidas) y presentan menor número de sedas y tricobotrias (Hoffman, 1993;

Muchmore, 1990). Se ha visto que en algunas especies, las protoninfas permanecen con la madre hasta la siguiente muda (Gabbutt, 1969). El adulto ya no muda y puede vivir en promedio de dos a tres años (Hoffman, 1993; Muchmore, 1990). Dependiendo de la proporción de cada estadio ninfal a lo largo de un año, se puede inferir el número de eventos reproductivos anuales de alguna especie en particular (Gabbutt, 1969).

## 1.2 Clasificación y Sistemática del Orden Pseudoscorpionida

El Orden Pseudoscorpionida representa uno de los 11 clados dentro de la clase Arachnida Cuvier, 1812. Es un grupo monofilético soportado por varios caracteres, siendo el aparato productor de seda en el dedo móvil del quelícero el único carácter autapomórfico. Otros caracteres que los unen son la modificación de la tibia y tarso del pedipalpo en una quela, quelíceros con dos segmentos, dedo móvil del quelícero con una seda submedial o subdistal (raramente tres o cuatro), pérdida de los ocelos medios, quelícero con rallum, huevos depositados en un ovisaco unidos al opérculo genital femenino y patas sin uña media pero con arolio (Harvey, 1992; Coddington *et al.*, 2004).

Las interrelaciones del clado Chelicerata es uno de los mayores retos de la sistemática de los artrópodos. Hasta hace poco se consideraba al Orden Solifugae Sundevall, 1833 como el grupo hermano de los pseudoescorpiones, formando el clado Haplocnemata Börner, 1904 (Fig. 9). Algunos de los caracteres morfológicos que los unen son la patela igual de elongada que el fémur, los quelíceros que constan de dos segmentos, los estigmas traqueales pareados en los escleritos III y IV del opistosoma y el apotele de cada pata con un pulvilo o arolio (Shultz, 2007; Harvey, 2013b). Sin embargo, gracias a avances recientes en genética del desarrollo, se ha descartado al número de segmentos de los quelíceros como un carácter útil filogenéticamente (Prpic y Damen, 2004; Sharma *et al.*, 2012, 2013). Actualmente, el Orden no está bien ubicado en la filogenia de los arácnidos, aunque se propone como grupo hermano del clado Acariformes o de Arachnospulmonata (Scorpiones+Tetrapulmonata) (Sharma *et al.*, 2014).

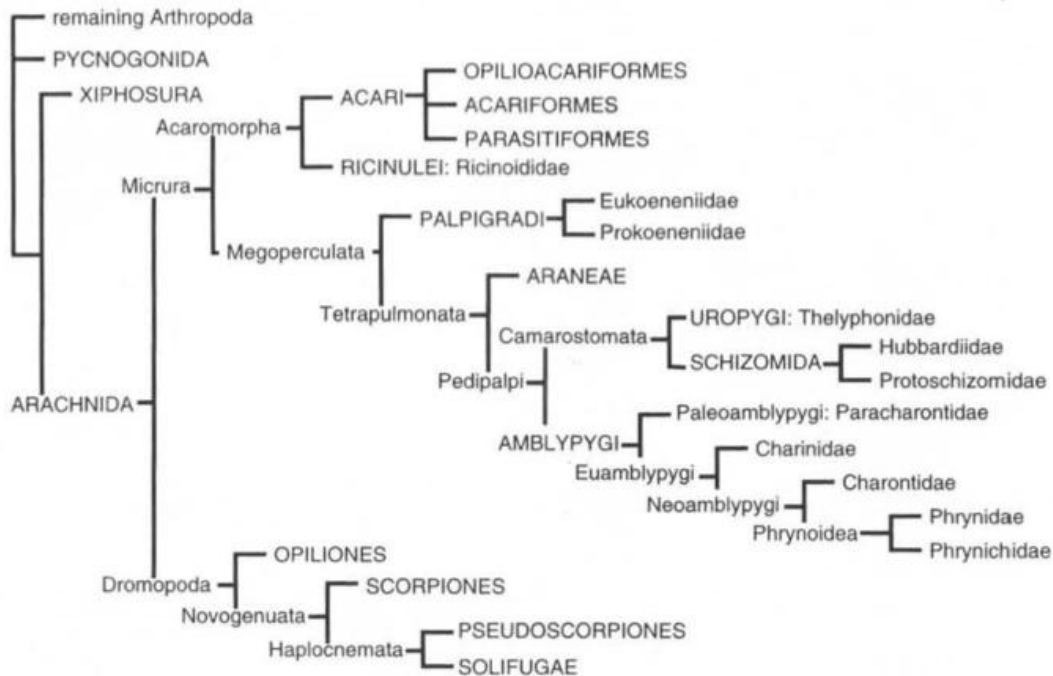


Figura 9. Filogenia de arácnidos basada en el análisis morfológico de Schultz en 1990 (Tomada de Coddington *et al.*, 2004).

Muy pocas hipótesis filogenéticas han sido propuestas para el Orden. La primera fue hecha por Chamberlin (1931) en su monografía “The Arachnid Order Chelonethida”, donde reconoce los grupos Heterosphyronida y Homosphyronida, el primero incluye a Chthonioidea, y el segundo a Diplosphyronida Chamberlin, 1929 (Neobisioidea Chamberlin, 1930 y Garypoidea Simon, 1879) y Monosphyronida Chamberlin, 1929 (Fealloidea Ellingsen, 1906 Cheiridioidea Hansen, 1894 y Cheliferoidea) (Cuadro 1). Beier (1932a, b) adopta este esquema de relación y lo adopta a su clasificación cambiando los nombres por debajo de Orden a Chthoniinea Beier, 1932, Neobisiinea Beier, 1932 y Cheliferiinea Beier, 1932 (Cuadro 1). Posteriormente Harvey (1992) propone una filogenia, así como una nueva clasificación basada en un análisis cladístico de 126 caracteres morfológicos (Fig. 10), e incluye una breve diagnosis de las familias. En esta clasificación reconoce dos subórdenes, Epiocheirata Harvey, 1992 e locheirata. El primero se caracteriza por la ausencia del aparato de veneno; contiene dos superfamilias: Chthonioidea con tres familias y Fealloidea con dos. El suborden más grande es locheirata y se distingue por presentar el aparato de veneno en los dedos de la quela (aunque algunas familias sufrieron pérdida posterior en uno de los dedos); y contiene al infraorden Hemictenata Balzan, 1892 con la superfamilia Neobisioidea (con siete familias) y al infraorden Panctenata Balzan, 1892, con las superfamilias Sternophoroidea Chamberlin, 1923 (con una familia), Cheliferoidea (con cuatro familias), Olpioidea Banks, 1895 (con dos familias) y Garypoidea (con cinco familias) (Harvey, 1992) (Cuadro 1). Posteriormente Judson (1992, 1993, 2000, 2004) propone algunas modificaciones a esta filogenia, en su mayoría

corroboradas por la primera filogenia molecular para el grupo realizada por Muriene *et al.* (2008) (Fig. 11).

Cuadro 1. Lista de las familias actuales de pseudoescorpiones y el suborden al que corresponden en las principales clasificaciones propuestas (Modificado de Harvey, 1992).

<b>Familia</b>	<b>Chamberlin, 1931</b>	<b>Beier, 1932a, b</b>	<b>Harvey, 1992</b>
Chthoniidae	Heterosphyronida	Chthoniinea	Epiocheirata
Tridenchthoniidae	Heterosphyronida	Chthoniinea	Epiocheirata
Lechytiidae	-	-	Epiocheirata
Faellidae	Monosphyronida	Neobisiinea	Epiocheirata
Pseudogarypidae	Monosphyronida	Neobisiinea	Epiocheirata
Ideoroncidae	Diplosphyronida	Neobisiinea	locheirata:Hemictenata
Bochicidae	-	-	locheirata:Hemictenata
Vachoniidae	-	-	-
Hyidae	Diplosphyronida	-	locheirata:Hemictenata
Gymnobiidae	-	-	locheirata:Hemictenata
Neobisiidae	Diplosphyronida	Neobisiinea	locheirata:Hemictenata
Syarinidae	Diplosphyronida	Neobisiinea	locheirata:Hemictenata
Parahyidae	-	-	locheirata:Hemictenata
Garypidae	Diplosphyronida	Neobisiinea	locheirata: Panctenata: Mestommatina
Synsphyronidae	-	Neobisiinea	-
Larcidae	-	-	locheirata: Panctenata: Mestommatina
Cheiridiidae	Monosphyronida	Cheliferinea	locheirata: Panctenata: Mestommatina
Pseudochiridiidae	Monosphyronida	-	locheirata: Panctenata: Mestommatina
Geogarypidae	-	-	locheirata: Panctenata: Mestommatina
Olpiidae	Diplosphyronida	Neobisiinea	locheirata: Panctenata: Mestommatina
Menthidae	Diplosphyronida	Neobisiinea	locheirata: Panctenata: Mestommatina
Sternophoridae	Monosphyronida	Cheliferinea	locheirata: Panctenata: Ellassommatina
Withiidae	-	-	locheirata: Panctenata: Ellassommatina
Cheliferidae	Monosphyronida	Cheliferinea	locheirata: Panctenata: Ellassommatina
Atemnidae	Monosphyronida	Cheliferinea	locheirata: Panctenata: Ellassommatina
Miratemnidae	-	-	-
Chernetidae	Monosphyronida	Cheliferinea	locheirata: Panctenata: Ellassommatina
Myrmochernetidae	Monosphyronida	Cheliferinea	-
Garypinidae	Diplosphyronida	Neobisiinea	locheirata: Panctenata: Mestommatina
Pseudotyranochthoniidae	-	-	Epiocheirata

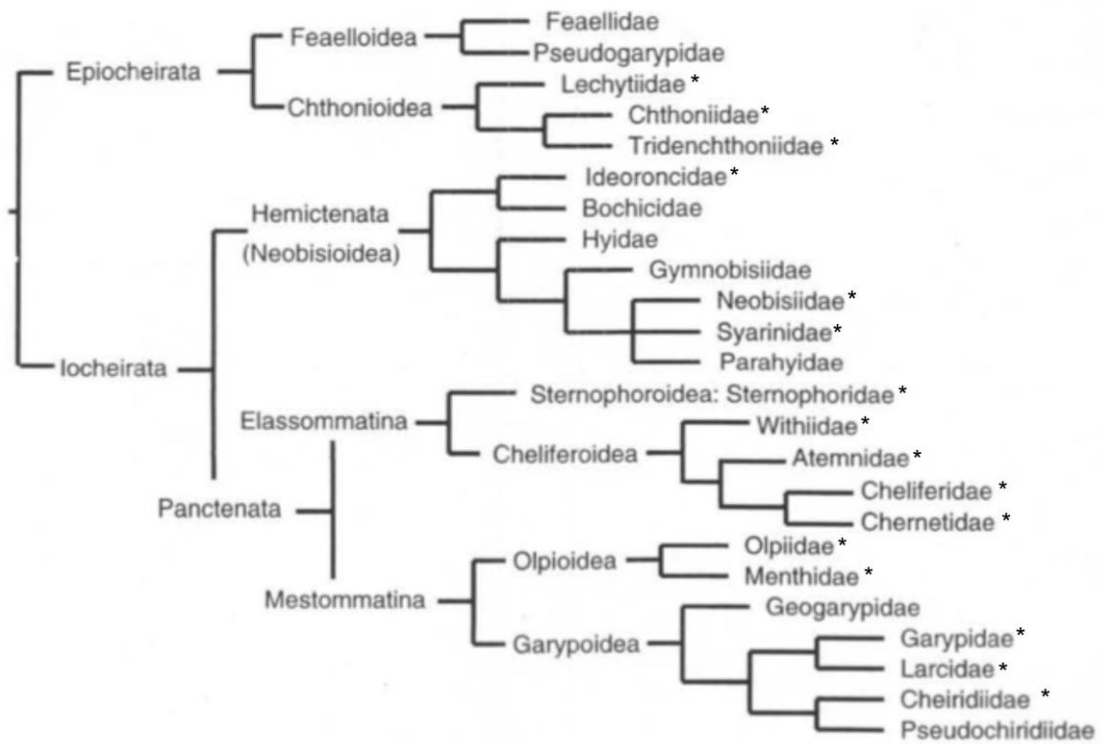


Figura 10. Filogenia del Orden Pseudoscorpionida propuesta por Harvey en 1992, las familias marcadas con un asterisco están registradas para México (Modificado de Coddington *et. al.*, 2004).

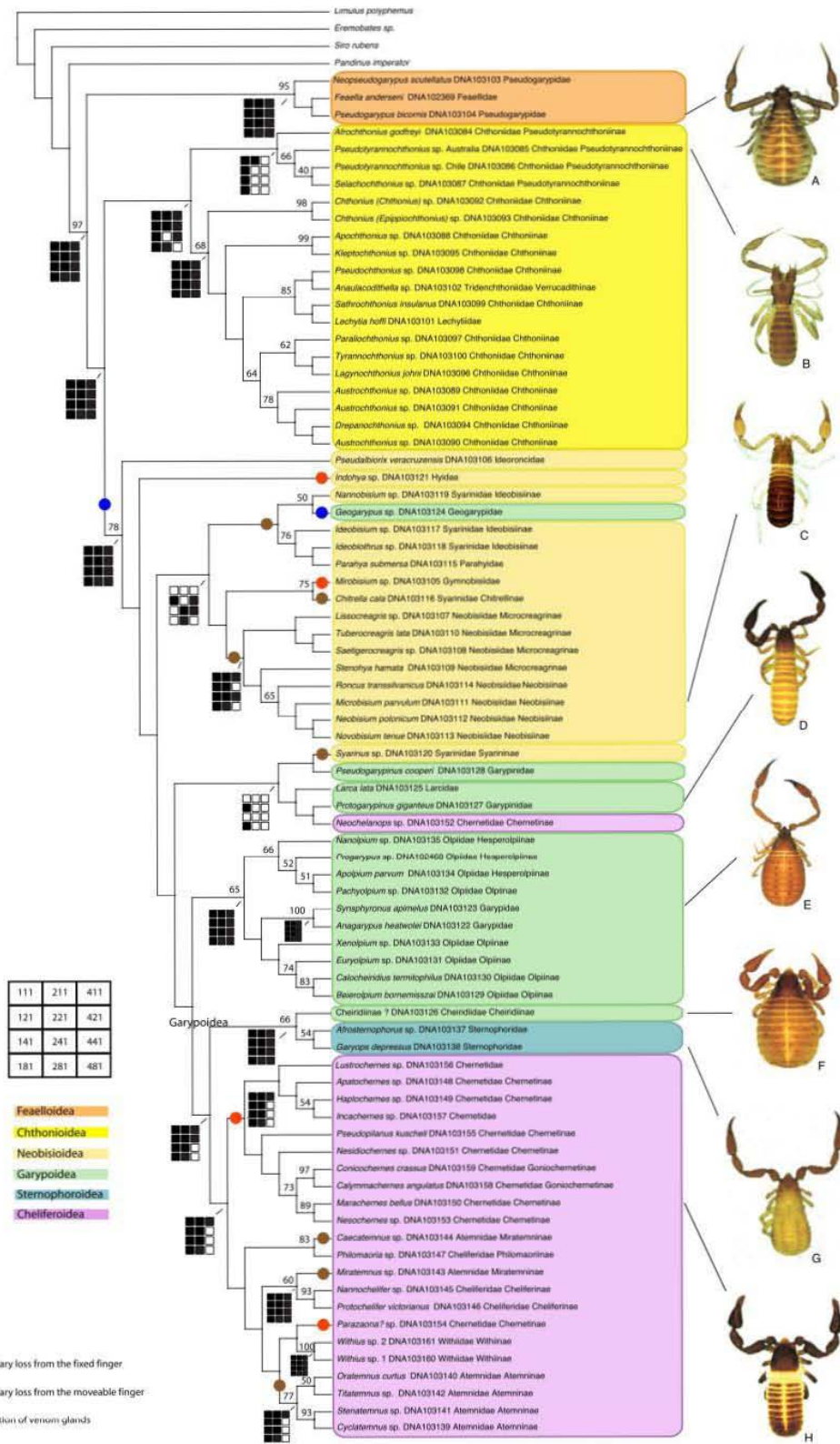


Figura 11. Primera filogenia molecular para el Orden Pseudoscorpionida propuesta por Murienne *et al.* (2008)

## 2. Antecedentes

### El Orden Pseudoscorpionida en México

La primera especie mexicana de pseudoescorpión fue descrita por N. Banks (1898), quien aumentó su aporte en trabajos posteriores (Banks, 1909). Años después, estos estudios siguieron con autores como J. C. Chamberlin (1923, 1938, 1947), R. V. Chamberlin (1925), M. Beier (1932a, 1932b, 1933, 1956, 1963) y C. C. Hoff (1944, 1945, 1946). Posteriormente, W. B. Muchmore en 1969 comenzó con el estudio de especies mexicanas. Con 55 especies descritas, actualmente es el investigador con mayor producción para la fauna de México. Otros investigadores como V. F. Lee (1979) y E. Hentschel (Hentschel y Muchmore, 1989) también hicieron aportes al conocimiento de este grupo.

Entre los trabajos realizados por investigadores mexicanos destacan los de Zamudio (1963), quien realizó la revisión de la subfamilia Lamprochernetinae Beier, 1932; Hentschel (1979), quien estudió la biología del género *Dinocheirus* Chamberlin, 1929; Mejía y Guerrero (1993) añadieron nuevos registros para Jalisco; Vázquez-Rojas *et al.* (1996), Del Castillo (1996), Vázquez-Rojas y Gaviño-Rojas (1999) y Gaviño-Rojas (1999) registraron varios géneros de pseudoescorpiones cavernícolas en Veracruz; Gaviño-Rojas y Rojas (2000) encontraron nuevos géneros para el Estado de México; finalmente otros trabajos como los de Villegas-Guzmán *et al.* (2000), Villegas-Guzmán y Pérez (2005a, 2005b), Villegas-Guzmán (2006) y Francke y Villegas-Guzmán (2006) ampliaron aún más los registros de especies para el país, incluyendo organismos cavernícolas y asociados a roedores.

Actualmente, en México se tienen registradas 162 especies de pseudoescorpiones distribuidas en 65 géneros y 18 familias: Atemnidae, Bochicidae Chamberlin, 1930, Cheiridiidae, Cheliferidae, Chernetidae, Chthoniidae, Garypidae, Garypinidae, Ideoroncidae Chamberlin, 1939, Larcidae, Lechytiidae, Menthidae Chamberlin, 1930, Neobisiidae, Oplidae, Sternophoridae Chamberlin, 1923, Syarinidae Chamberlin, 1930, Tridenchthoniidae y Withiidae (Harvey, 2013b). Específicamente para el estado de Veracruz se tienen registradas tres superfamilias de pseudoescorpiones, ocho familias, 16 géneros y 24 especies, dos de ellas identificadas a nivel de género (Cuadro 2).



Cuadro 2. Listado de las especies de pseudoescorpiones registradas para Veracruz, México, de acuerdo con Ceballos (2004) y Gavilño-Rojas (2009).

Superfamilia	Familia	Especie	
Cheliferoidea	Chernetidae	<i>Chelodamus mexicanus</i> Beier, 1932	
		<i>C. mexicolens</i> R. V. Chamberlin, 1925	
		<i>Cordylochernes fallax</i> Beier, 1933	
		<i>C. perproximus</i> Beier, 1933	
		<i>C. scorpioides</i> L., 1758	
		<i>Dinochernes vanduzeei</i> Chamberlin, 1923	
		<i>Dendrochernes</i> sp.	
		<i>Hesperochernes tumidus</i> Beier, 1933	
		<i>Lustrochernes crassimanus</i> Beier, 1933	
		<i>L. intermedius</i> Balzan, 1892	
		<i>Parachernes (P.) distinctus</i> Beier, 1933	
		<i>P. (P.) insuetus</i> Beier, 1933	
		<i>P. (P.) pulchellus</i> Banks, 1908	
		<i>Tychochernes inflatus</i> Hoff, 1956	
		Cheliferidae	Atemnidae
<i>Paratemnoides minor</i> Balzan, 1892			
<i>P. elongatus</i> Banks, 1895			
Chthonioidea	Withiidae	<i>Juxtachelifer</i> sp.	
		Chthoniidae	<i>Tyrannochthonius tlilapanensis</i> Muchmore, 1986
			<i>T. volcancillo</i> Muchmore, 1986
Neobisioidea	Tridenchthoniidae	<i>Tridenchthonius mexicanus</i> Chamberlin y R. V. Chamberlin, 1945	
		Bochicidae	<i>Mexobisium paradoxum</i> Muchmore, 1972
			Ideoroncidae
		<i>Typhloroncus diabolus</i> Muchmore, 1982	

Hasta este trabajo no existían estudios faunísticos con estimación de riqueza de especies para el Orden Pseudoscorpionida. Sin embargo, éstos si se han realizado para otros arácnidos. Por ejemplo, Silva y Coddington (1996) realizaron un muestreo cuantitativo de arañas en selvas altas perenifolias en Perú, así como una evaluación de métodos no-paramétricos para el estimado de la riqueza de especies.

En México, Alvarez-Padilla (1999) realizó un estudio faunístico y taxonómico de arañas de la Familia Araneidae en selvas bajas caducifolias en Jalisco. También analizó las variaciones estacionales de abundancia y riqueza de especies respecto a distintos factores ambientales.

Santos González (2001) realizó un listado de especies de arañas tejedoras en dos ambientes (selva alta perennifolia y bosque mesófilo de montaña) que comparten la presencia de arroyos en Chiapas.

González-Santillán (2004) examinó la diversidad de la fauna de escorpiones del Estado de México, a través de una revisión de distintas colecciones científicas y recolectas en campo. A partir del trabajo en campo realizó un análisis con tres modelos de curvas de acumulación de especies, así como siete modelos de predicción no paramétricos. La ecuación de Clench, ACE y Bootstrap fueron los más cercanos a la diversidad real, así como los más estables en cuanto a diferentes esfuerzos de recolecta.

Posteriormente, Santos González (2005) analizó la diversidad de arañas tejedoras en un manglar de Chiapas, comparando la riqueza de especies en época de lluvias y de secas. También hizo curvas de acumulación de especies y realizó una categorización de especies utilizando el método de Olmstey-Tukey.

Medina Soriano (2005) hizo un listado faunístico de arañas errantes en un manglar de Chiapas. Utilizó cuatro estimadores no paramétricos de riqueza de especies: Chao1, Jackknife, ACE y la ecuación de Michaelis-Menten, además calculó los índices de diversidad de Sorensen modificada y Morisita-Horn. Comparó la composición de especies en época de lluvias y de secas, entre periodos diurno y nocturno y entre sitios.

Posteriormente Ibarra-Núñez *et al.* (2011) realizaron un estudio faunístico de las arañas de un bosque mesófilo de montaña del estado de Chiapas. La recolecta se efectuó siguiendo el método modificado de Coddington *et al.* (1991), y se empleó el índice de Colwell y Coddington (1994) para conocer la complementariedad de la composición entre los ensambles de suelo y sotobosque.

Por otra parte, Rivera-Quiroz *et al.* (*in prep.*) llevaron a cabo un inventario faunístico de arañas en una selva alta perennifolia en el estado de San Luis Potosí. En este trabajo también se usaron diversos métodos de colecta siguiendo los protocolos de Coddington *et al.* (1991), y se elaboró un análisis de diversidad usando estimadores no paramétricos de riqueza de especies propuestos por Colwell y Coddington (1994).

### **3. Objetivos**

#### **General**

Describir y analizar la diversidad de pseudoescorpiones en encinares que rodean al Parque Nacional Pico de Orizaba, Veracruz, México.

#### **Particulares**

- i) Proporcionar un listado de las especies y estimar la riqueza total de especies para la localidad de estudio.
- ii) Comparar ambos cuadrantes y realizar un análisis de la variación estacional de las especies encontradas utilizando métodos estadísticos.
- iii) Producir diagnosis, así como una clave de determinación dicotómica para las familias, géneros y especies encontradas.
- iv) Documentar cada especie con imágenes digitales estandarizadas e ilustraciones científicas para hacerlas disponibles en la página de Internet del Laboratorio de Aracnología de la Facultad de Ciencias.

### 3.1 Área de Estudio

#### Parque Nacional Pico de Orizaba

El Parque Nacional Pico de Orizaba (decretado Área Natural Protegida el 16 de diciembre de 1936) se localiza en el extremo este de la Faja Volcánica Transmexicana (Vega *et al.*, 2007), abarca dos municipios del estado de Veracruz (Calchahuaco y La Perla) y tres del estado de Puebla (Tlachichuca, Chalchicomula de Sesma y Atzizintla) (Fig. 12). Específicamente se localiza entre los 19° 00' 01.12" N, 97° 22' 07.07" W; 18° 57' 00.57" N y 97° 17' 17.91" W; 19° 02' 27.57" N, 97° 12' 09.11" y los 19° 09' 38.04" N y los 97° 15' 35.93" W con una superficie total de 19,750.005 ha. Las cotas altitudinales abarcan de los 3,038 a los 5,636 msnm, culminando con el Pico de Orizaba o cima del Citlaltépetl, la más alta del país (CONANP, 2012). Esta zona ha sido declarada una de las áreas prioritarias para la conservación por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), ya que en ella tienen contacto las zonas tropicales húmedas del este, templadas del norte y semiáridas del oeste. Además de ser muy importante para el mantenimiento de la red hidrológica superficial de la Cuenca del Papaloapan (CONANP, 2012).

En este Parque Nacional se encuentran distintos tipos de vegetación propios de la alta montaña, como pastizal o zacatal, bosque mesófilo de montaña y bosque de coníferas que incluye bosque de *Pinus* L., 1753, *Pinus* y *Quercus* L., 1752, *Juniperus* L. 1753 y *Abies* Mill., 1754 (Rzedowski, 2006). Los bosques de *Quercus* sp. o encinares, son comunidades vegetales muy características de las zonas montañosas de México. Ocupan el 5.5% de la superficie del país y constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de áreas de clima templado y semihúmedo. Se encuentran desde el nivel del mar hasta los 3,100 msnm, aunque la mayor parte se halla entre los 1,200 y 2,800 msnm. Cabe destacar que los encinares han sido de los tipos de vegetación más afectados por el hombre, en particular para usos agrícolas y ganaderos, aunque localmente también se usa su madera para construcciones y para la obtención de carbón vegetal (Rzedowski, 2006).

La fauna del Parque Nacional pertenece a la zona natural tropical alta. La riqueza de vertebrados se estima en 160 especies, con 40 endemismos y 44 especies en alguna categoría de riesgo. Para los mamíferos se han registrado 47 especies, entre las que se incluyen armadillos, murciélagos, coyotes, zorra gris, gato montés, comadrejas, zorrillos, cacomixtles, ardillas, tuzas, conejos, musarañas, así como 14 especies de roedores pertenecientes a los géneros *Microtus* Schrank, 1798, *Baiomys* True, 1894, *Megadontomys* Merriam, 1898, *Neotoma* Say y Ord, 1825, *Neotomodon* Merriam, 1898, *Peromyscus* Gloger, 1841 y *Reithrodontomys* Giglioli, 1873 (CONANP, 2012).



Figura 12. Mapa del Parque Nacional Pico de Orizaba.



Figura 13. Ubicación de la localidad de estudio, (C1) cuadrante 1, (C2) cuadrante 2.

La variación de climas en el Parque Nacional es muy amplia: en la parte veracruzana va de templado subhúmedo a semifrío, el régimen de lluvias es de verano, la precipitación total es de 1,698 mm anuales y la temperatura media es de 9.3° C; mientras que en la parte correspondiente a Puebla el clima es más seco. Hacia la parte alta del Pico de Orizaba el clima es templado y semifrío y la humedad generada en el Golfo de México propicia la formación de mantos freáticos, deshielos, arroyos y ríos que son alimentados por los glaciares del mismo volcán. La mayoría de las precipitaciones dentro del área correspondiente al clima frío son en forma de nieve (CONANP, 2012).

### **Localidad de estudio**

La localidad de estudio corresponde a la comunidad de Atotonilco, en el municipio de Calcahualco, Veracruz, localizado entre el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote en la Sierra Madre Oriental (Fig. 13). Se ubica en las coordenadas 19° 07' N y 97° 05' W, a una altura de 1,720 m. Limita al norte y al oeste con el Estado de Puebla, al noreste con Huatusco, al este con Alpatláhuac, al sudeste con Coscomatepec y al sur con La Perla, con una superficie de 164.51 km<sup>2</sup>. El clima es templado-húmedo-extremoso, con una temperatura promedio de 13°C y una precipitación media anual de 1,148.5 mm. Su ecosistema predominante son los bosques de pino, encino y oyamel (INEGI, 2013).

## 4. Materiales y Métodos

### 4.1 Trabajo de Campo

Se realizaron tres expediciones a campo durante un año (del 21 a 30 mayo del 2012, del 4 a 14 de octubre del 2012 y del 15 al 24 de febrero del 2013) para cubrir la estacionalidad de la zona de muestreo. Cada expedición tuvo una duración de nueve días, de los cuales se colectó durante siete días completos. Se trazaron dos cuadrantes de una hectárea separados por 500 m, con las siguientes coordenadas centrales: Cuadrante I N 19° 8' 17.4" O 97° 12' 16.2" con una altitud de 2,300 m y Cuadrante II N 19° 8' 30.2" y O 97° 12' 21.5" con una altitud de 2,388 m. La pendiente del cuadrante I se orienta hacia el norte, posee un mayor grado de humedad y una capa de hojarasca más profunda, mientras que el cuadrante II se orienta hacia el sur, es más seco, presenta menos hojarasca y una tercera parte es un deslave de rocas.

En ambos cuadrantes se usaron métodos de colecta directa e indirecta. Los primeros corresponden a la red de golpeo (Fig. 14a) y búsqueda en hábitats crípticos, ambos con ayuda de aspiradores entomológicos (Fig. 14e); mientras que los métodos indirectos fueron las trampas de caída o pitfalls (Fig. 14b), el tamizado de hojarasca (Fig. 14c) y su procesamiento en embudos de Berlese-Tullgren (Fig. 14d), siguiendo la metodología de Coddington *et al.* (1991) y Ubick *et al.* (2005). La red de golpeo se aplicó sólo de día, mientras que la búsqueda en hábitats crípticos se usó tanto de día como de noche.

Las unidades de muestro fueron hora/hombre para colectas directas, hora de tamizado de hojarasca (12 por cuadrante) y hora en campo por trampa de caída (30 por cuadrante durante los siete días de muestreo). Cada uno de los colectores abarcó todos los métodos de colecta. Los pseudoescorpiones recolectados en cada hora se depositaron en un frasco con alcohol al 96%, etiquetado con los datos del colector, el método utilizado, el número de la repetición del método y el código de la expedición (lugar, año y número de expedición).

### 4.2 Procesamiento de muestras

El procesamiento de las muestras obtenidas en cada salida, se llevó a cabo en el Laboratorio de Aracnología del Departamento de Biología Comparada en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Cada muestra se conservó en viales con alcohol al 96% con su etiqueta correspondiente. Se separaron los ejemplares en juveniles (cada uno de los tres estados ninfales) y adultos, mediante observación directa usando microscopios estereoscópicos Carl-Zeiss Stereomicroscope II. Posteriormente las ninfas y los adultos se separaron a nivel de familia y sólo los adultos a nivel de morfoespecie, con ayuda del microscopio estereoscópico de disección Nikon SMZ1000, usando las claves dicotómicas de Muchmore (1990) y Harvey (1992).

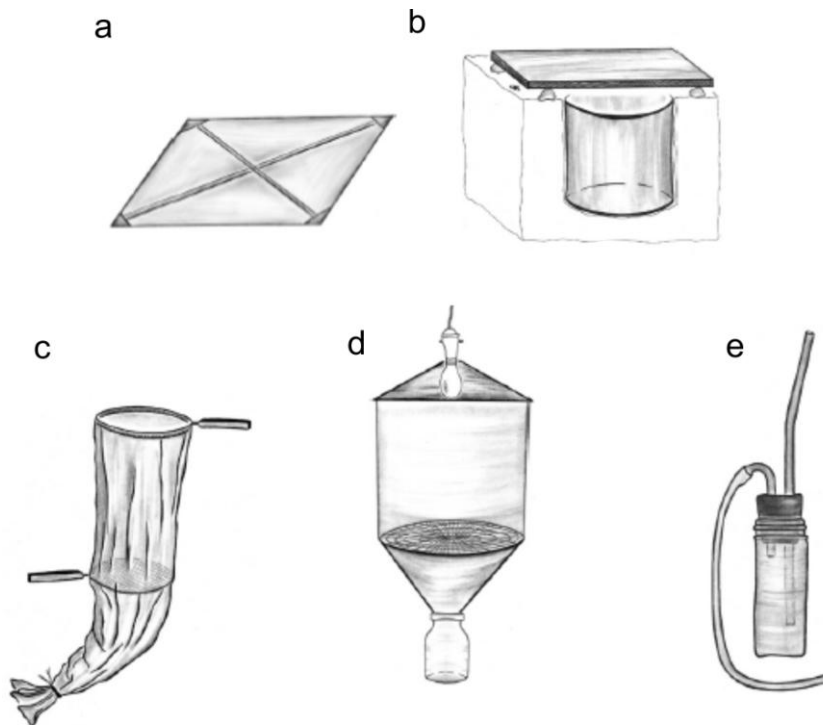


Figura 14. Métodos de colecta: (a) red de golpeo, (b) trampa de caída, (c) tamizador de hojarasca, (d) embudo de Berlese-Tullgren y (e) aspirador entomológico (Modificado de Ubick *et al.*, 2005).

Para la determinación a especie se realizaron aclarados de los quelíceros y de la genitalia (en el caso de *Mexichelifer redelli* y *Chernes* sp01), usando el método de Harvey (2006) con las siguientes modificaciones: las estructuras se colocaron en KOH al 10% a temperatura ambiente por 24 horas, se enjuagaron con agua destilada por 30 minutos, se colocaron en lactofenol por 30-40 minutos y se pasaron a aceite de clavo para observarlos en el microscopio Nikon Eclipse E200. Para dicha determinación se utilizaron las siguientes fuentes bibliográficas: Chamberlin, 1923; Beier, 1932b; Araújo-Feio, 1945; Hoff, 1949, 1956a; Muchmore, 1973, 1974, 1990, 1992b; Harvey, 1992; Cokendolpher, 2009; Gaviño-Rojas, 2009 y Buddle, 2010.

De las especies más abundantes se realizaron también preparaciones permanentes con el método de Wirth y Marston (1968) y Kim *et al.* (1986) con las siguientes modificaciones: a los ejemplares se les practicó una incisión en el abdomen y se colocaron en KOH al 10% por 24 horas, posteriormente se enjuagaron con agua destilada por 30 minutos, se colocaron en ácido acético glacial al 10% por 10 minutos y se pasaron por tres baños de etanol a diferentes concentraciones (40%, 70% y 96%) por 30 minutos cada uno, se colocaron en lactofenol por 15-20 minutos, se disectaron los apéndices del lado izquierdo y finalmente se montaron con bálsamo de Canadá o líquido de Hoyer.



Sólo los ejemplares adultos fueron determinados a nivel de género y especie, ya que presentan las características diagnósticas requeridas (como el patrón de tricobotrias y las espermatecas). Los especímenes juveniles se determinaron a nivel familia y se consideraron para hacer estimaciones de abundancia y fenología.

Las fotos del hábito y del pedipalpo se tomaron con un microscopio estereoscópico de disección Nikon SMZ1000, las fotos de los quelíceros y la genitalia se realizaron con un microscopio Nikon Eclipse E200. Para ambos casos se tomó una serie de 15-30 fotos con la cámara Nikon D5-Fi2 y el programa Nis Elements F 4.00 y se realizó el montaje de las fotos con el programa Helicon Focus 5.3 X64. Las ilustraciones se realizaron con el microscopio estereoscópico de preparaciones Nikon Eclipse E200 y la cámara lúcida Nikon Y-IDT. Las medidas de los artejos de los pedipalpos están dadas en milímetros, y la proporción correspondiente entre el largo y ancho de los artejos se muestra entre paréntesis.

### **4.3 Estimaciones de riqueza y comparación de cuadrantes**

El estadio de cada ejemplar, la familia, género y especie en el caso de los adultos, la cantidad de hembras y machos por vial, el código de expedición, el método de colecta, el colector, el número de repetición, el código de la muestra y el *photo voucher* (PV) correspondiente al vial que contiene los especímenes fotografiados para cada morfoespecie se almacenaron en una hoja de cálculo en Microsoft Excel 2011 para su posterior manipulación y preparación de los análisis de diversidad.

Posteriormente se utilizó el programa EstimateS 9.1.0 para estimar el número total de especies en el área de estudio y para construir curvas de acumulación de especies graficando las unidades de muestreo de las expediciones contra la incidencia y abundancia de especies. Con el mismo programa se llevaron a cabo análisis de diversidad utilizando distintos estimadores de riqueza de especies no-paramétricos: ACE, ICE, Jackknife 1, Jackknife2, Bootstrap, Chao1 y Chao2, con un número de 300 aleatorizaciones. Chao1 y Chao2 se estimaron con la fórmula clásica. Estos estimadores no paramétricos son eficientes en la comparación de muestras con diferente tamaño o inventarios con distinto esfuerzo de muestreo, además de que no requieren suposiciones sobre la distribución de especies, ni modelos a priori (Chao, 2005).

Todos estos estimadores asumen que la abundancia o frecuencia de las especies raras en una o varias muestras puede ser usada para estimar la frecuencia de especies potencialmente presentes en el área, pero no encontradas. Sin embargo realizan el análisis de forma diferente: Chao1, ACE, Jackknife1 y Bootstrap se basan en la abundancia de individuos, es decir, incorporan un término basado en el número de especies representadas por uno (singletons) o dos individuos (doubletons); mientras que Chao2, ICE y Jackknife2 trabajan con incidencia, que se basa en la

frecuencia de especies representadas en una (uniques) o dos muestras (duplicates). Además, Jackknife y Bootstrap son técnicas estadísticas para reducir la desviación de un estimador al remover submuestras de los datos y recalcularlo con la muestra reducida. Bootstrap hace el submuestreo con remplazo y Jackknife sin remplazo. Así, al tomar en cuenta las distintas propiedades de los datos podemos obtener todo un rango de posibles valores para la riqueza de especies, y tener una visión más completa de ésta. Sin embargo, es importante mencionar que todos los estimadores deben ser considerados como el límite inferior de la riqueza de especies (Gotelli y Colwell, 2010).

También se utilizaron los índices de Chao-Jaccard y Chao-Sorensen para calcular la similitud en la composición de especies entre ambos cuadrantes y entre cada expedición, para ver si existe variación estacional. Estos estimadores muestran un menor sesgo que los clásicos Jaccard y Sorensen, ya que incorporan datos de abundancia, así como el efecto de las especies compartidas pero no vistas (Chao *et al.*, 2005).

## 5. Resultados

### 5.1 Listado de las especies encontradas y estimaciones de riqueza total de especies

Para el presente inventario se obtuvo un total de 462 muestras: 72 Berleses, 180 Pitfalls y 210 colectas directas en hábitats crípticos, de las cuales 52 contenían pseudoescorpiones. En total se colectaron 737 especímenes: 360 adultos (172 hembras, 188 machos) y 377 juveniles (147 protoninfas, 57 deutoninfas y 173 tritoninfas). Se encontraron cuatro familias, siete géneros y siete especies, cuatro son nuevas especies, una es nuevo registro para el país y dos son nuevos registros para el estado (Cuadro 3). La Familia más abundante y diversa fue Chernetidae, con tres especies y 288 ejemplares adultos. A ésta Familia pertenece *Chernes* sp01, la especie más abundante con el 78.8% del total de individuos, así como la especie *Epichernes* sp06, el único singleton del inventario (Cuadro 4).

El método de colecta con el que se obtuvo la mayor cantidad de pseudoescorpiones fue el embudo de Berlese-Tullgren, seguido de las trampas de caída o pitfall y la colecta directa en hábitats crípticos (Cuadro 5).

Cuadro 3. Listado de especies encontradas mostrando un nuevo registro para la República Mexicana (\*), dos nuevos registros para el estado de Veracruz (°) y cuatro posibles nuevas especies (^).

Familia	Especie
Cheliferidae	<i>Mexichelifer reddelli</i> Muchmore, 1973°
Chernetidae	<i>Chernes</i> sp01^
	<i>Epichernes</i> sp06^
	<i>Hesperochernes</i> sp01^
Chthoniidae	<i>Mundochthonius mexicanus</i> Muchmore, 1973°
	<i>Tyrannochthonius muchmoreorum</i> Cokendolpher, 2009*
Garypinidae	<i>Serianus</i> sp01^

Cuadro 4. Número de hembras y machos colectados para cada especie.

Especie	Hembras	Machos
<i>Chernes</i> sp01	128	156
<i>Epichernes</i> sp06	0	1
<i>Hesperochernes</i> sp01	2	1
<i>Mexichelifer redelli</i>	2	2
<i>Mundochthonius mexicanus</i>	15	10
<i>Serianus</i> sp01	22	18
<i>Tyrannochthonius muchmoreorum</i>	2	1
Total	171	189

Cuadro 5. Número de especímenes colectados por método.

<b>Especie</b>	<b>Berlese</b>	<b>Criptic</b>	<b>Pitfall</b>
<i>Chernes</i> sp01	281	0	3
<i>Epichernes</i> sp06	1	0	0
<i>Hesperochnes</i> sp01	2	1	0
<i>Mexichelifer redelli</i>	0	4	0
<i>Mundochthonius mexicanus</i>	25	0	0
<i>Serianus</i> sp01	37	0	3
<i>Tyrannochthonius muchmoreorum</i>	3	0	0
Total	349	5	6

Los estimadores de riqueza (Cuadro 6) indican que existen entre siete (Chao1) y 10 especies (Jackknife 2) en la zona de colecta. Los estimadores basados en abundancia indicaron que se colectó entre el 78.13% (Jackknife 1) y el 100% (Chao1) de las especies, mientras que los estimadores basados en incidencia indican que se colectó entre el 70.42% (Jackknife 2) y el 79.45% (ICE) de las especies en la localidad. Las curvas de acumulación de especies tienden a la asíntota a partir de la muestra 47, mientras las curvas de singletons y doubletons coinciden en el mismo punto en los valores tres y cuatro de las muestras y después se separan (Fig. 15a,b).

Cuadro 6. Resultados de los análisis de diversidad utilizando los estimadores disponibles en el programa EstimateS 9.1.0. Abreviaciones: S obs. especies observadas; SD, desviación estándar; Spp%, porcentaje de especies.

<b>Estimador</b>	<b>Media</b>	<b>SD</b>	<b>Spp%</b>
Muestras	52	-	-
Individuos	360	-	-
S obs	7	-	-
Singletons	1	-	-
Doubletons	0	-	-
Uniques	2	-	-
Duplicates	1	-	-
ACE	7.4	0	94.59
ICE	8.81	0.01	79.46
Chao 1	7	0.59	100.00
Chao 2	8.96	3.67	78.13
Jack 1	8.96	1.37	78.13
Jack 2	9.94	0	70.42
Bootstrap	7.91	0	88.50

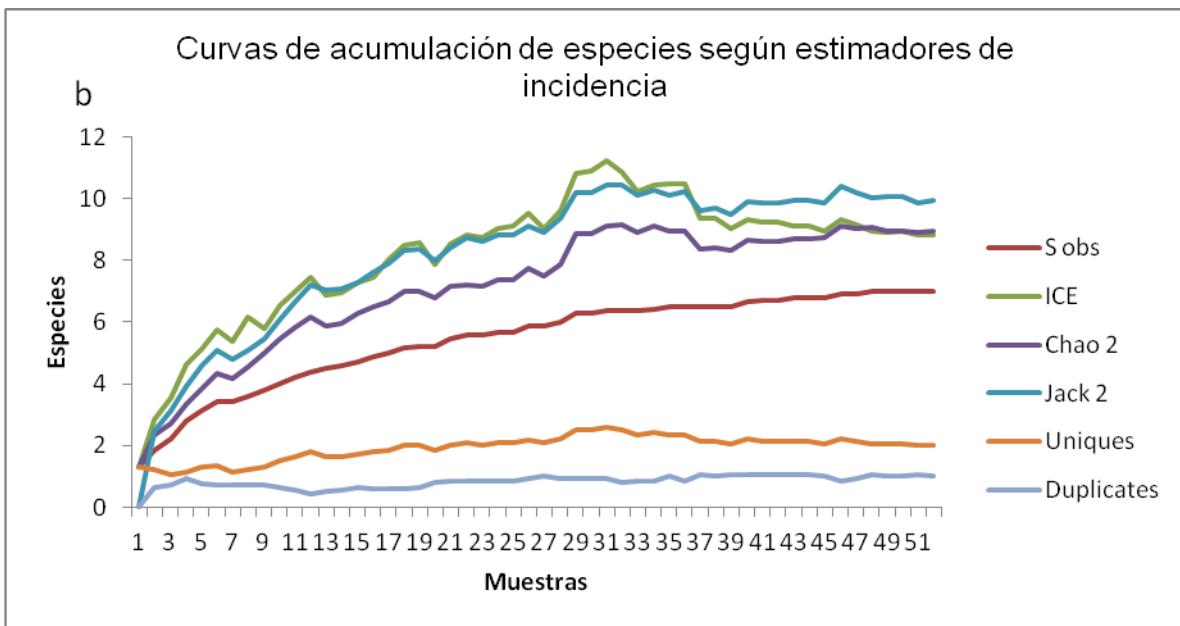
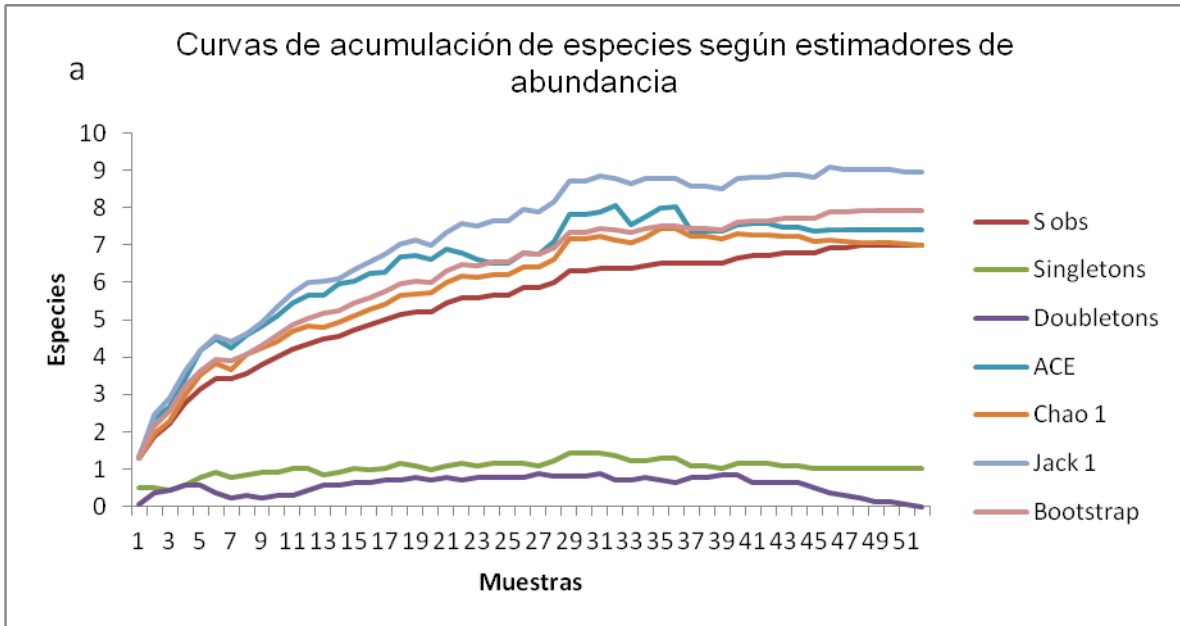


Figura 15. Curvas de acumulación de especies según estimadores a) basados en abundancia y b) basados en incidencia.

## 5.2 Comparación entre cuadrantes

La abundancia de pseudoescorpiones fue de 332 adultos para el cuadrante 1 y 28 para el cuadrante 2. Para el primero se registraron seis especies y para el segundo cinco, compartiendo cuatro de ellas (Cuadro 7). El índice de Chao-Jaccard muestra una similitud entre los cuadrantes del 88%, mientras que el índice de Chao-Sorensen muestra una similitud del 93% (Fig. 16).

Cuadro 7. Especies presentes en cada cuadrante.

Especie	C1	C2
<i>Chernes</i> sp01	x	x
<i>Hesperochemes</i> sp01	x	x
<i>Epichernes</i> sp06	x	-
<i>Mundochthonius mexicanus</i>	x	x
<i>Tyrannochthonius muchmoreorum</i>	x	-
<i>Serianus</i> sp01	x	x
<i>Mexichelifer redelli</i>	-	x

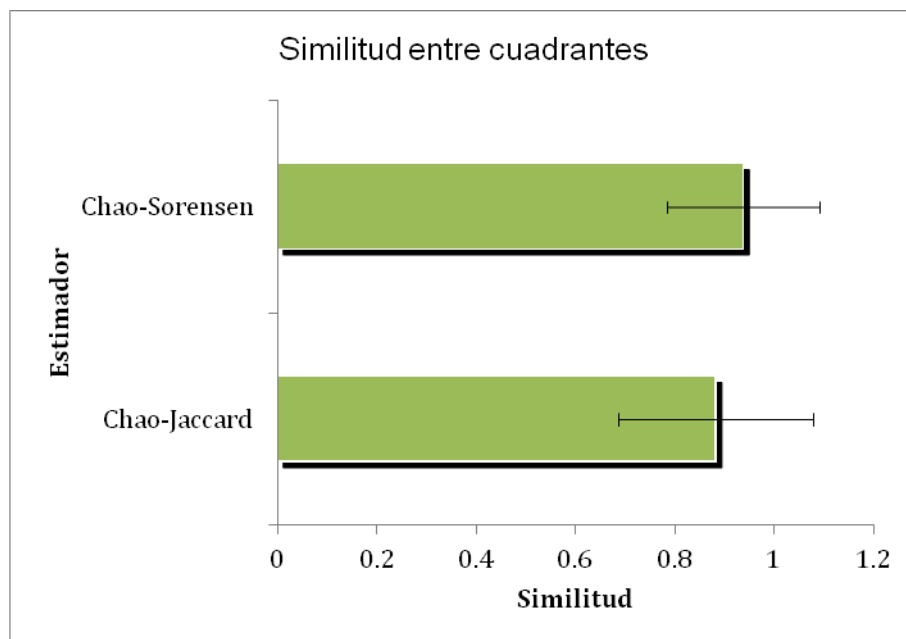


Figura 16. Valores de similitud entre ambos cuadrantes según el índice de Chao-Jaccard ( $0.88 \pm 0.19$ ) y Chao-Sorensen ( $0.93 \pm 0.15$ ).

### 5.3 Análisis de estacionalidad

Se registró una mayor abundancia y riqueza de especies en el tercer periodo de colecta (2013-1) (Cuadro 8). Los análisis de estacionalidad no muestran diferencias significativas entre cada expedición para el primer cuadrante. Sin embargo, para el cuadrante 2 se encontraron diferencias notables en la composición de especies entre cada salida (Cuadro 9).

Por otra parte, la diferencia en cuanto a abundancia para cada estadio ninfal se puede apreciar mejor para la Familia Chernetidae, casi en su totalidad representada por la especie *Chernes* sp01, en específico para el cuadrante 1 (Cuadro 10, Fig. 17). Únicamente se encontraron hembras con su saco de huevos en el mes de mayo, el número de protoninfas fue mayor en febrero, aunque también se ve un ligero incremento en octubre, casi todas las deutoninfas se encontraron en mayo, mientras que el número de tritoninfas y adultos se mantuvieron más o menos constantes, al igual que la proporción de sexos.

Cuadro 8. Riqueza de especies por muestreo.

Expedición	Mes	S obs	Adultos
2012-1	mayo	4	100
2012-2	octubre	3	117
2013-1	febrero	5	143

Cuadro 9. Análisis de similitud entre las expediciones de los cuadrantes establecidos en campo (C1/C2).

Muestréos comparados	Especies compartidas	Chao-Jaccard $\pm$ SD	Chao-Sorensen $\pm$ SD
2012-1/2012-2	1/0	0.939 $\pm$ 0.44/0	0.969 $\pm$ 0.45/0
2012-1/2013-1	3/1	0.957 $\pm$ 0.16/0.773 $\pm$ 0.41	0.978 $\pm$ 0.13/0.872 $\pm$ 0.43
2012-2/2013-1	1/1	0.636 $\pm$ 0.36/0.055 $\pm$ 0.20	0.778 $\pm$ 0.40/0.105 $\pm$ 0.23

Cuadro 10. Número de ninfas y adultos de la Familia Chernetidae colectados en el cuadrante 1.

Mes	Protoninfas	Deutoninfas	Tritoninfas	Hembras	Machos
Mayo	2	40	57	49	45
Octubre	29	1	26	42	70
Febrero	103	1	51	37	41
Total	134	42	134	128	156

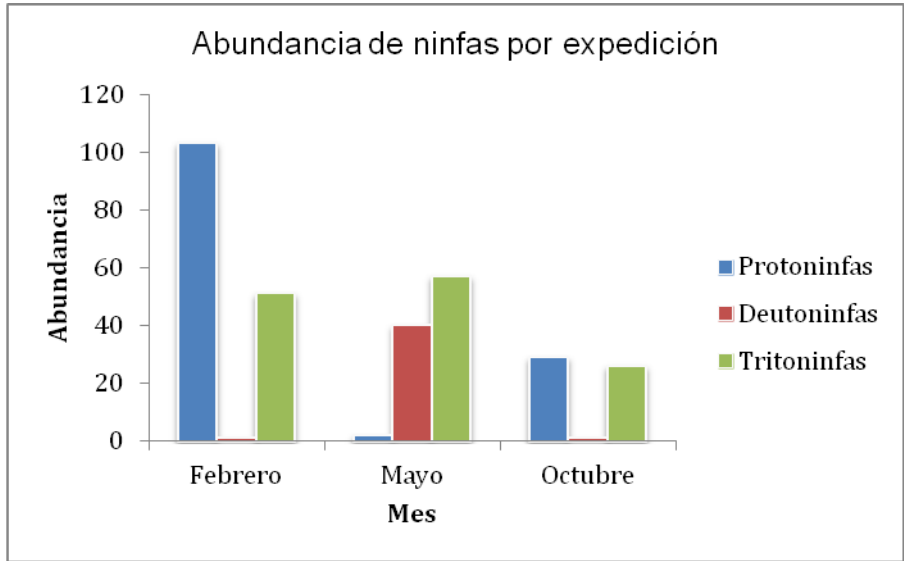


Figura 17. Número de ninfas de la Familia Chernetidae para cada expedición del cuadrante 1.



#### 5.4 Diagnósis de las familias, géneros y especies encontradas

##### *Chernetidae* Menge, 1855

Diagnósis: Aparato de veneno ausente o reducido en el dedo móvil de la quela; dedos de la quela con al menos un diente accesorio; tarso con una elevada lirifisura proximal (Harvey, 1992).

Composición: 663 especies en 117 géneros (Harvey, 2013a).

Distribución: Cosmopolita (Harvey, 2013b).

##### *Chernes* Menge, 1855

Diagnósis: Sedas del cuerpo y pedipalpos en forma de masa; rallum del quelícero con cuatro sedas, la distal ancha y unilateralmente dentada; quelícero con seda *b* acuminada y *sb* denticulada; ambos dedos de la quela del pedipalpo con dientes accesorios, solamente el móvil con dientes y glándulas de veneno; tarso IV sin seda táctil; espermateca de la hembra formada por dos tubos delgados no expandidos terminalmente (Muchmore, 1974).

Composición: 28 especies y una subespecie (Harvey, 2013b).

Distribución: Este género está bien representado en la región Paleártica y Neártica, especialmente en el norte de EUA (Harvey, 2013b). Para México se tiene registrada una especie sin identificar en los estados de Quintana Roo y Distrito Federal (Gaviño-Rojas, 2009).

##### *Chernes* sp01

Figs. 18 a-k

Diagnósis: Margen anterior y posterior del caparazón con seis sedas; mano del quelícero con cinco sedas, *b* acuminada y *sb* finamente denticulada (Fig. 18k); sérrula exterior con 15 láminas; quetotaxia de terguitos 8:10:8:2/8:2/8:2/10:2/10:2/10:2/8:2/4:2; número máximo de sedas en cada esternito 20; espermateca de la hembra formada por dos tubos delgados, cortos y sin expansión terminal; proporción del fémur del pedipalpo (3.16-3.68), patela (2.37-2.76) (n=10) (Cuadro 11, Fig. 18d,h).

Especímenes colectados: 128 hembras y 156 machos.

Comparaciones: Esta especie se diferencia del resto de las especies del género en el número de sedas en los márgenes del caparazón, el número de láminas de la sérrula exterior del quelícero,

las proporciones del pedipalpo (Fig. 18d,h), la quetotaxia de terguitos y esternitos y en la forma de la espermateca.

*Epichernes* Muchmore, 1982

Diagnosis: Caparazón y pedipalpos muy esclerosados, color rojo a café oscuro, con sedas denticuladas o acuminadas; caparazón sin ocelos, con 150-200 sedas; membrana pleural longitudinalmente rugosa y papilosa; mano del quelíceros con cinco a siete sedas, *b*, *sb* y *es* denticuladas, algunas veces *es* acuminada; rallum de cuatro sedas denticuladas, las dos basales más cortas; galea de la hembra ramificada, la del macho más pequeña y denticulada; pedipalpos del macho un poco más robustos que los de la hembra, patela con protuberancia dorsomedial moderada o muy pronunciada, sedas denticuladas; tricobotria *st* del dedo móvil más cerca de *t* que de *sb*, *ist* del dedo fijo al mismo nivel o cerca de *est*, *ib* casi al mismo nivel que *est*; aparato de veneno bien desarrollado en dedo móvil, muy reducido en dedo fijo; ambos dedos con dientes accesorios internos y externos; terguitos y esternitos divididos, los medios con 16-30 sedas marginales; terguito XI sin o con dos sedas largas táctiles y esternito XI con cuatro; sedas de placas estigmas acuminadas; sedas de placas anales denticuladas; tarso IV con una seda táctil media larga y acuminada o más corta y finamente denticulada; opérculo genital anterior del macho con cuatro sedas largas rodeadas de otras cortas; opérculo anterior de la hembra con un grupo compacto de aproximadamente 20 sedas en forma de  $\Omega$ ; espermateca de la hembra en forma de dos tubos cortos divergentes (Muchmore, 1992b; Muchmore y Hentschel, 1982).

Composición: Tres especies (Harvey, 2013b).

Distribución: Este género se restringe a México (Distrito Federal, Quintana Roo, Yucatán, Nuevo León, Durango) y Costa Rica (Villegas, 2006b; Harvey, 2013b).

Notas: Las tres especies registradas para el género se han encontrado exclusivamente en nidos de roedores y sobre el pelaje de los mismos. *E. aztecus* en *Neotomodon alstoni* Merriam, 1898 y *Liomys pictus* Thomas, 1893, *E. navarroi* en *Heteromys gaumeri* Allen y Chapman, 1897, *Peromyscus yucatanicus* Allen y Chapman, 1897 y *L. pictus*, y *E. guanacastensis* en *Liomys salvini* Thomas, 1893. Los géneros de ratas *Neotomodon* y *Peromyscus* están reportados para el Parque Nacional del Pico de Orizaba.

*Epichernes* sp06

Figs. 19 a-f

Diagnosis: Rallum del quelícero con 4 sedas, la distal más larga y denticulada, las proximales acuminadas (Fig. 19f); mano del quelícero izquierdo con siete sedas y derecho con seis, *sbs* y *bs'* dentadas distalmente, las demás acuminadas (Fig. 19e); patela del pedipalpo con protuberancia dorsomedial moderada (Fig. 19d); tarso sin seda táctil; terguitos medios con aproximadamente 22 sedas; esternito XI con al menos dos sedas táctiles; proporción del pedipalpo del macho: trocánter (2), fémur (1.91), patela (1.66), quela en vista ventral (2.35), quela en vista retrolateral (2.01) (n=1) (Cuadro 11, Fig. 19d).

Especímenes colectados: Un macho.

Comparaciones: Esta especie difiere de los demás miembros del género en el tipo y el número de sedas del quelícero (Fig. 19e), la proporción del fémur y de la protuberancia de la patela del pedipalpo (Fig. 19d), en la ausencia de una seda táctil en el tarso IV y en el número de sedas de los terguitos medios.

Nota: Debido a que el único macho colectado perdió algunas sedas y no se aclaró, no se puede dar un número exacto de las sedas del caparazón ni las de los terguitos y esternitos XI, mientras que la forma de la espermateca es desconocida.

*Hesperochnes* Chamberlin, 1924

Diagnosis: Caparazón, escleritos y pedipalpos generalmente granulados; sedas dorsales denticuladas y a menudo expandidas distalmente; sedas ventrales acuminadas o denticuladas; sedas del opérculo genital y placas estigmas acuminadas; membranas pleurales estriadas longitudinalmente; ocelos ausentes o vestigiales, pobremente pigmentados; mano del quelícero con cinco sedas, *b* aparentemente acuminada a ligeramente dentada, y *sb* dentada, las demás acuminadas; rallum de cuatro sedas, incluyendo dos largas distales y dos cortas muy juntas, la distal dentada en el margen, las demás a menudo finamente denticuladas en el extremo distal; quela del pedipalpo del macho más grande y robusta que la de la hembra; aparato de veneno bien desarrollado en el dedo móvil de la quela, vestigial o ausente en el fijo; tricobotria *st* del dedo móvil más cercano a *t* que a *sb* y cerca de la mitad del dedo; tarso IV sin o con una seda distal alargada con el ápice denticulado; opérculo genital anterior del macho con un grupo de 20-25 sedas, incluyendo cuatro a seis mediales más largas, opérculo posterior con dos o tres pequeñas sedas y 15-25 a lo largo del margen posterior; opérculo genital anterior de la hembra con 20-30 sedas centrales y 10-15 en el margen posterior; espermateca de la hembra en forma de dos delgados túbulos expandidos terminalmente (Muchmore, 1974).

Composición: 20 especies (Harvey, 2013b).

Distribución: Se distribuye principalmente en Norteamérica (Harvey, 2013b).

Notas: La mayoría de las especies dentro del género han sido encontradas en nidos de pequeños mamíferos, algunas como *H. molestus* Hoff, 1956 se han encontrado exclusivamente en nidos de ratones del género *Neotoma*, presente en el área de estudio.

*Hesperochnes* sp01  
Figs. 20 a-k

Diagnosis: Caparazón de 0.95 mm de largo (Fig. 20a,e), con 14 sedas en el margen posterior; seda *sb* del quelícero con 2-3 denticulaciones subterminales, y *b* con una pequeña denticulación subterminal (Fig. 20k); sérrula exterior con 18 láminas; mano de la quela del macho ovalada en vista retrolateral con el pedicelo a la mitad, ambos dedos claramente curvados (Fig. 20j), en vista ventral el pedicelo desplazado a la región retrolateral (Fig. 20d,h); nodus ramosus a la altura de la trocobotria *st* (Fig. 20j); quetotaxia de terguitos 20:20:16:18:20:22?:18:22?:22:16:24?; opérculo genital posterior de la hembra con un conjunto de aproximadamente 24 sedas y una hilera de 16 sedas en el margen posterior; proporciones del pedipalpo: trocánter (1.44-1.78), fémur (2.17-3.10), patela (2.02-2.32), quela (2.5-3.18), longitud del dedo móvil 1.62-0.78 (n=3) (Cuadro 11, Fig. 20d,h).

Especímenes colectados: Dos hembras y un macho.

Comparaciones: Esta especie difiere de sus congéneres en el tamaño (Fig. 20a,b), en el número de sedas del margen posterior del caparazón, en el número de láminas de la sérrula exterior del quelícero, en las denticulaciones de la seda *sb* del quelícero (Fig. 20k), en las proporciones de los artejos del pedipalpo, sobre todo las del fémur y la forma y profundidad de la quela, así como en el cociente de la longitud dedo fijo/mano de la quela (Fig. 20d,h), en la división del primer terguito y en la quetotaxia de los terguitos.

Garypinidae Daday, 1888

Diagnosis: Rallum del quelícero con cuatro sedas, raramente una reducida; aparato de veneno en ambos dedos de la quela; dedo fijo de la quela con máximo ocho tricobotrias; área de la coxas paralela; sin articulación condilar entre coxas II y III; arolio más largo que las uñas y dividido, al menos los terguitos anteriores divididos (Chamberlin, 1930; Harvey, 1992).

Composición: 76 especies en 21 géneros (Harvey, 2013b).

Distribución: Cosmopolita (Harvey, 2013b).

*Serianus* Chamberlin, 1930

Diagnosis: Cuatro tricobotrias en el dedo móvil de la quela; tricobotrias *sb* y *st* separadas de *b*, *it* e *ist* más cerca del nivel de *esb* que de *est*; pata I con articulación femoral inmóvil y subvertical; patela de la pata I más larga que fémur; telofémur más largo que basifémur; esternitos del macho con un grupo medio de sedas (Hoff, 1956c).

Composición: 18 especies (Harvey, 2013b).

Distribución: Cosmopolita, mejor representado en EUA y México (Harvey, 2013b).

*Serianus* sp01  
Figs. 21 a-k

Diagnosis: Caparazón café oscuro esclerosado uniformemente (Fig. 21a,b); sérrula exterior del quelícero con 18 láminas; mano de la quela del pedipalpo ovalada (Fig. 21j), dedo fijo más corto que la mano; terguitos I-VIII divididos y IX-X parcialmente divididos (Fig. 21a,e); esternitos VI-VIII del macho con un conjunto medio de ocho a 11 sedas.

Especímenes colectados: 22 hembras y 18 machos.

Comparaciones: *Serianus* sp01 se puede separar de las demás especies del género por la esclerotización uniforme del caparazón (Fig. 21a,b), el número de láminas en la sérrula exterior del quelícero, la forma ovalada de la quela, el cociente de la longitud dedo fijo/mano de la quela (Fig. 21j), el número de sedas en el conjunto medio en los esternitos VI-VIII y la división de los terguitos.

Chthoniidae Daday, 1888

Diagnosis: Caparazón con menos de 30 sedas; tubérculo intercoxal bisedoso cuando está presente; espiráculos transversales y sin escleritos; área genital de la hembra no esclerosada (Harvey, 1992).

Composición: 650 especies en 28 géneros (Harvey, 2013b).

Distribución: Cosmopolita, incluye especies troglobias (Harvey, 2013b).

*Mundochthonius* Chamberlin, 1929

Diagnosis: Con un par de tricobotrias dorsales cerca de la mitad de la mano de la quela; dientes marginales de los dedos de la quela pequeños y contiguos; tubérculo bisodoso entre coxas III y IV; espinas coxales en coxa II (Hoff, 1949).

Composición: 24 especies y cuatro subespecies (Harvey, 2013b).

Distribución: Holártica, mejor representados en EUA (Harvey, 2013b).

*Mundochthonius mexicanus* Muchmore, 1973

*Mundochthonius mexicanus* W. B. Muchmore, 1973: 48-50, figs. 2-5, Bulletin of the Association for Mexican Cave Studies  
Figs. 22 a-k

Diagnosis: Sin ocelos (Fig. 22a,b); quetotaxia de los terguitos anteriores 4:6:6:6:6:6 (Muchmore, 1973).

Distribución: Se ha registrado únicamente para México, en los estados de Chiapas, Nuevo León, Monterrey y Tamaulipas (Ceballos, 2004).

Especímenes colectados: 15 hembras y 10 machos.

*Tyrannochthonius* Chamberlin, 1929

Diagnosis: Con uno o dos pares de ocelos; dientes marginales de los dedos de la quela grandes y separados, a menudo con microdenticulos alternados; superficie interna de la quela con una espina conspicua; sin tubérculo intercoxal; espinas coxales sólo en coxa II (Chamberlin, 1929; Muchmore, 1990).

Composición: 137 especies y cuatro subespecies (Harvey, 2013b).

Distribución: Cosmopolita, el mayor número de registros es en EUA (Harvey, 2013b).

*Tyrannochthonius muchmoreorum* Cokendolpher, 2009

*Tyrannochthonius muchmoreorum* Cokendolpher, 2009: 71-78, figs. 2-24, map 1, Texas Memorial Museum Speleological  
Monographs  
Figs. 23 a-k

Diagnosis: Macho de tamaño pequeño (cuerpo 1.17 mm, caparazón 0.38 mm) (Fig. 23a); ocelos anteriores pequeños y corneados, sin ocelos posteriores (Fig. 23b,f); epistoma totalmente reducido;

rallum del quelícero con nueve sedas (Fig. 23i); proyección apical de la coxa I sin seda; sin seda preocular; coxa II con aproximadamente seis espinas coxales; quetotaxia de los terguitos 4:4:4:4:6:6:6:6 (Cokendolpher, 2009).

Distribución: Cueva Geocache en Texas, EUA (Cokendolpher, 2009).

Especímenes colectados: Dos hembras y un macho.

Notas: La hembra de la especie no ha sido descrita aún. Las dimensiones del único macho colectado son ligeramente menores a las de la descripción (cuerpo 0.85 mm, caparazón 0.30 mm), sin embargo, el ejemplar está un poco dañado y las medidas pueden tener un sesgo.

#### Cheliferidae Risso, 1827

Diagnosis: Uñas del primer par de patas asimétricas; coxa IV del macho con sacos coxales; genitalia del macho con órganos “ram’s horn” (Harvey, 1992).

Composición: 273 especies en 58 géneros (Harvey, 2013b).

Distribución: Cosmopolita, un poco menos diversa en la región del Neotrópico y Australasia (Harvey, 2013b).

#### *Mexichelifer* Muchmore, 1973

Diagnosis: Caparazón con 80-100 tubérculos setíferos; un par de ocelos corneados; sin quillas posteriolaterales en machos; sedas dorsales clavadas a denticuladas, ventrales acuminadas; mano del quelícero con cuatro sedas acuminadas, es muy larga; trocánter y fémur del pedipalpo con tubérculos setíferos; aparato de veneno en ambos dientes de la quela, ductos cortos no más allá de tricobotria *t* o *ist*; dedo fijo con un pequeño diente accesorio en la superficie interna al nivel del quinto diente marginal; primer tarso del macho muy modificado, uña posterior más pequeña que la anterior y con una cresta lateral inconspicua; macho con parches de sedas largas en los bordes medios de las coxas III y IV, coxa IV sin proyección lateral; uñas y seda subterminal de las patas sencillas; tarso IV con seda táctil cerca del extremo distal; saco coxal con atrio prominente; órganos “ram’s horn” bien desarrollados; *statumen convolutum* invaginado anteriormente y con la barra media poco esclerosada; terguitos y esternitos divididos; terguitos V-X con sedas disciales en la parte media y en el margen externo (Muchmore, 1973).

Composición: Una especie (Harvey, 2013b).

Distribución: Cueva de Carnicerías, San Luis Potosí (Muchmore, 1973).

*Mexichelifer redelli* Muchmore, 1973

*Mexichelifer redelli* Muchmore 1973: 60-62, figs 39-46, Bulletin of the Association for Mexican Cave Studies

Figs. 24 a-k

Diagnosis: Caparazón granulado con tubérculos setíferos (85 en la hembra y 100 en el macho), cuatro sedas en el margen anterior y en el posterior 14 en la hembra y 16 en el macho; mano del quelícero con cuatro sedas acuminadas, es más larga que *b* (Fig. 24k), sérrula exterior con 18 láminas en el macho y 20 láminas en la hembra, rallum con tres sedas, la distal dentada (Fig. 24i); pedipalpos con tubérculos setíferos en trocánter, fémur y patela; proporciones del pedipalo: trocánter (1.8-2), fémur (5.15), patela (3.65-3.85), quela (3.35-3.85), mano (1.8-2.2) y dedo móvil 1.0- 0.92 veces más largo que la mano (N=2) (Fig. 24d,h); *nodus ramosus* de ambos dedos en posición distal de *t* e *ist* (Fig. 24j); tarso I del macho modificado con una espina terminal y dos o tres proyecciones subterminales; coxa IV del macho con grandes sacos coxales provistos con un atrio bien definido; espermateca de la hembra pareada en forma de dos sacos pequeños; terguitos y esternitos divididos sin quillas; quetotaxia de terguitos 14:18:16:19:21:20:25:23:21:23:18:2; terguitos V-X con dos sedas discales y dos o cuatro laterales (Muchmore, 1973).

Especímenes colectados: Dos hembras y dos machos.

Notas: Los ejemplares estudiados presentan un rango de variación más amplio en el número de tubérculos setíferos del caparazón de 80-100 a 50-100.

Cuadro 11. Proporción (longitud/anchura) de los artejos del pedipalpo y longitud (mm) del dedo de la quela de cada especie.

Especie	Trocánter	Fémur	Patela	Quela	Dedo	N
<i>Serianus</i> sp01 ♀	1.83-2.00	2.97-3.43	1.85-2.54	2.96-3.37	0.30-0.44	5
<i>Serianus</i> sp01 ♂	1.47-1.93	3.06-3.62	2.36-2.65	3.42-3.70	0.33-0.42	5
<i>Epichernes</i> sp06 ♂	2	1.91	1.66	2.35	0.93	1
<i>Hesperochernes</i> sp01 ♀	1.60-1.78	2.42-3.10	2.2-2.32	2.54-3.18	0.62-0.78	2
<i>Hesperochernes</i> sp01 ♂	1.44	2.17	2.02	2.5	0.72	1
<i>Chernes</i> sp01 ♀	1.44-1.76	3.16-3.60	2.37-2.76	3.05-3.40	0.71-0.81	5
<i>Chernes</i> sp01 ♂	1.41-1.60	3.21-3.68	2.43-2.58	3.27-3.39	0.63-0.75	5
<i>Mundochthonius mexicanus</i> ♀	1.45-1.76	3.00-3.71	1.45-1.66	3.73-3.96	0.38-0.43	5
<i>Mundochthonius mexicanus</i> ♂	1.29-1.73	3.03-3.87	1.36-1.68	3.82-4.52	0.34-0.41	5
<i>Tyrannochthonius muchmoreorum</i> ♀	1.46-1.78	4.5-5.07	1.81-1.94	4.78-4.79	0.45-0.49	2
<i>Tyrannochthonius muchmoreorum</i> ♂	1.83	4.64	1.5	5.5	0.4	1
<i>Mexichelifer redelli</i> ♀	1.47-1.57	4.16-4.21	2.96-3.4	3.14-3.19	0.79-0.80	2
<i>Mexichelifer redelli</i> ♂	1.67-1.68	4.56-5.29	2.80-3.08	2.65-2.94	0.68-0.75	2



## 5.5 Clave de identificación dicotómica para las especies encontradas

1. Patas I y II con siete artejos y patas III y IV con siete; caparazón con menos de 30 sedas; espiráculos transversales sin escleritos; con espinas coxales.....(Familia Chthoniidae) 2  
 Todas las patas con igual número de artejos; caparazón con más de 31 sedas; espiráculos con escleritos, sin espinas coxales.....3
2. Dientes marginales de los dedos de la quela grandes y separados, con microdentículos alternados ..... *Tyrannochthonius muchmoreorum*  
 - Dientes marginales de los dedos de la quela pequeños y continuos, sin microdentículos.....*Mundochthonius mexicanus*
3. Glándula y diente de veneno bien desarrollados en ambos dedos de la quela; sin dientes accesorios.....4  
 - Glándula de veneno ausente en el dedo fijo de la quela y diente de veneno reducido o ausente; ambos dedos con dientes accesorios..... (Familia Chernetidae) 5
4. Patas con siete artejos; rallum con cuatro sedas; ariolo del tarso bifurcado; machos sin “rams’s horn”.....(Familia Garypinidae) *Serianus* sp01  
 - Patas con seis artejos; rallum con tres sedas; ariolo del tarso entero; machos con órganos “ram’s horn”.....(Familia Cheliferidae) *Mexichelifer reddelli*
5. Espermateca de la hembra formada por dos tubos delgados expandidos terminalmente; mano del quelícero con cinco sedas, *b* y *sb* denticuladas; ambos dedos de la quela del macho claramente curvados.....*Hesperochnes* sp01  
 - Espermateca de la hembra formada por dos tubos delgados no expandidos terminalmente; mano del quelícero con cinco sedas y sólo *sb* denticulada, ó más de cinco de sedas; dedos de la quela no curvados.....6
6. Sedas del cuerpo y pedipalpos en forma de masa; mano del quelícero con cinco sedas, *sb* denticulada y las demás acuminadas; quela del pedipalpo del macho en vista retrolateral 2.01 veces más larga que ancha o más.....*Chernes* sp01  
 - Sedas del cuerpo acuminadas; mano del quelícero izquierdo con siete sedas y derecho con seis, *sbs* y *bs'* dentadas en el ápice, las demás acuminadas; quela del pedipalpo del macho muy robusta en vista retrolateral, esto es, 2 o menos veces más larga que ancha .....*Epichernes* sp06

**5.6 Microfotografías combinadas e ilustraciones de los caracteres diagnósticos de las especies encontradas en este estudio**

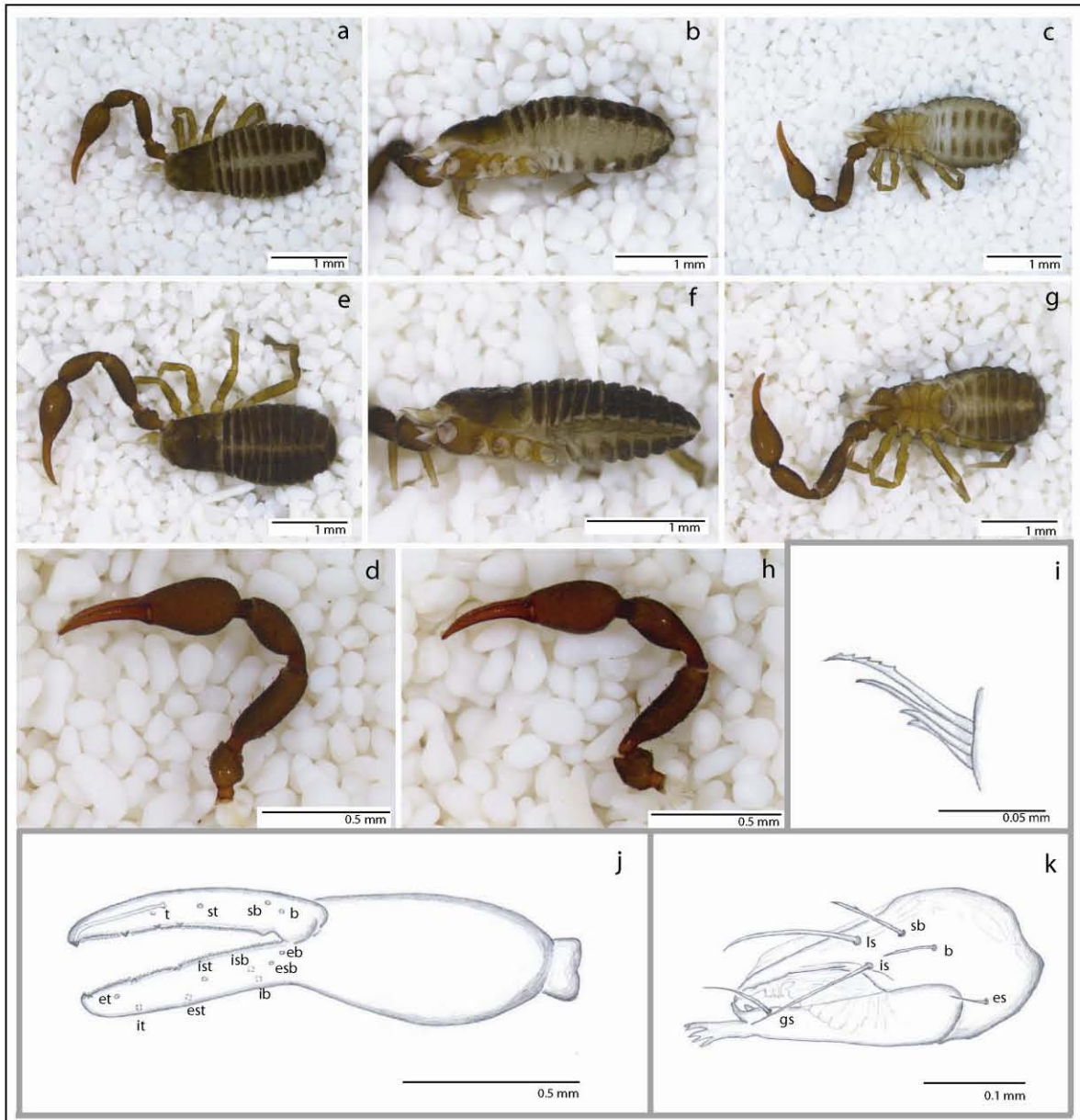


Figura 18. *Chernes* sp01. Hembra. a) Hábito dorsal (20x). b) Hábito lateral (30x). c) Hábito ventral (20x). d) Pedipalpo izquierdo dorsal (40x). Macho. e) Hábito dorsal (20x). f) Hábito lateral (40x). g) Hábito ventral (20x). h) Pedipalpo izquierdo dorsal (40x). i) Ilustración del rullum del quelícero (400x). j) Ilustración de la quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (100x). k) Ilustración del quelícero izquierdo dorsal (400x).

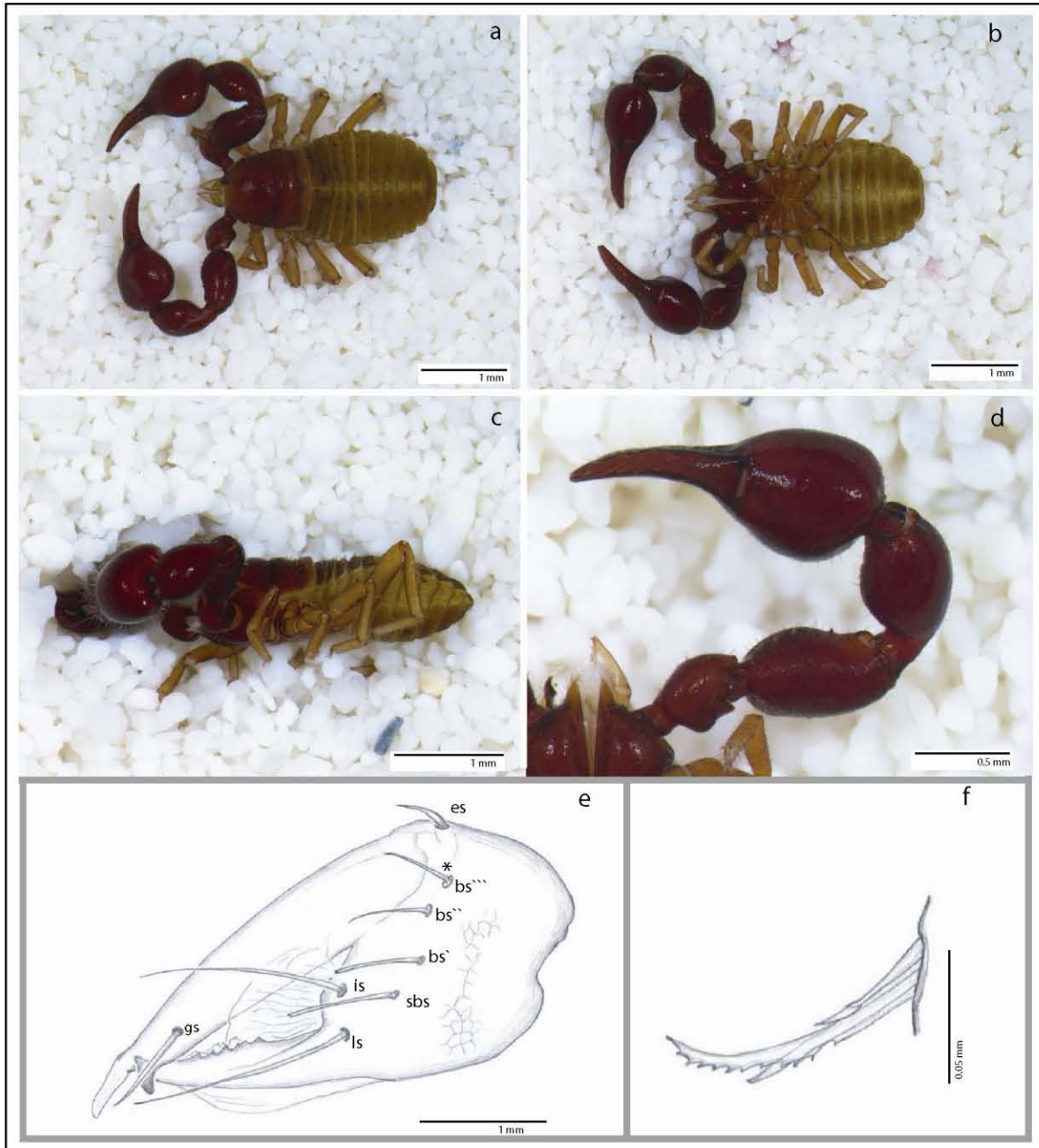


Figura 19. *Epichernes* sp06. Macho. a) Hábito dorsal (20x). b) Hábito ventral (20x). c) Hábito lateral (20x). d) Pedipalpo izquierdo ventral (45x). e) Ilustración del quelícero izquierdo dorsal (400x), al asterisco indica la seda faltante en el quelícero derecho f) Ilustración del rallum del quelícero (400x).

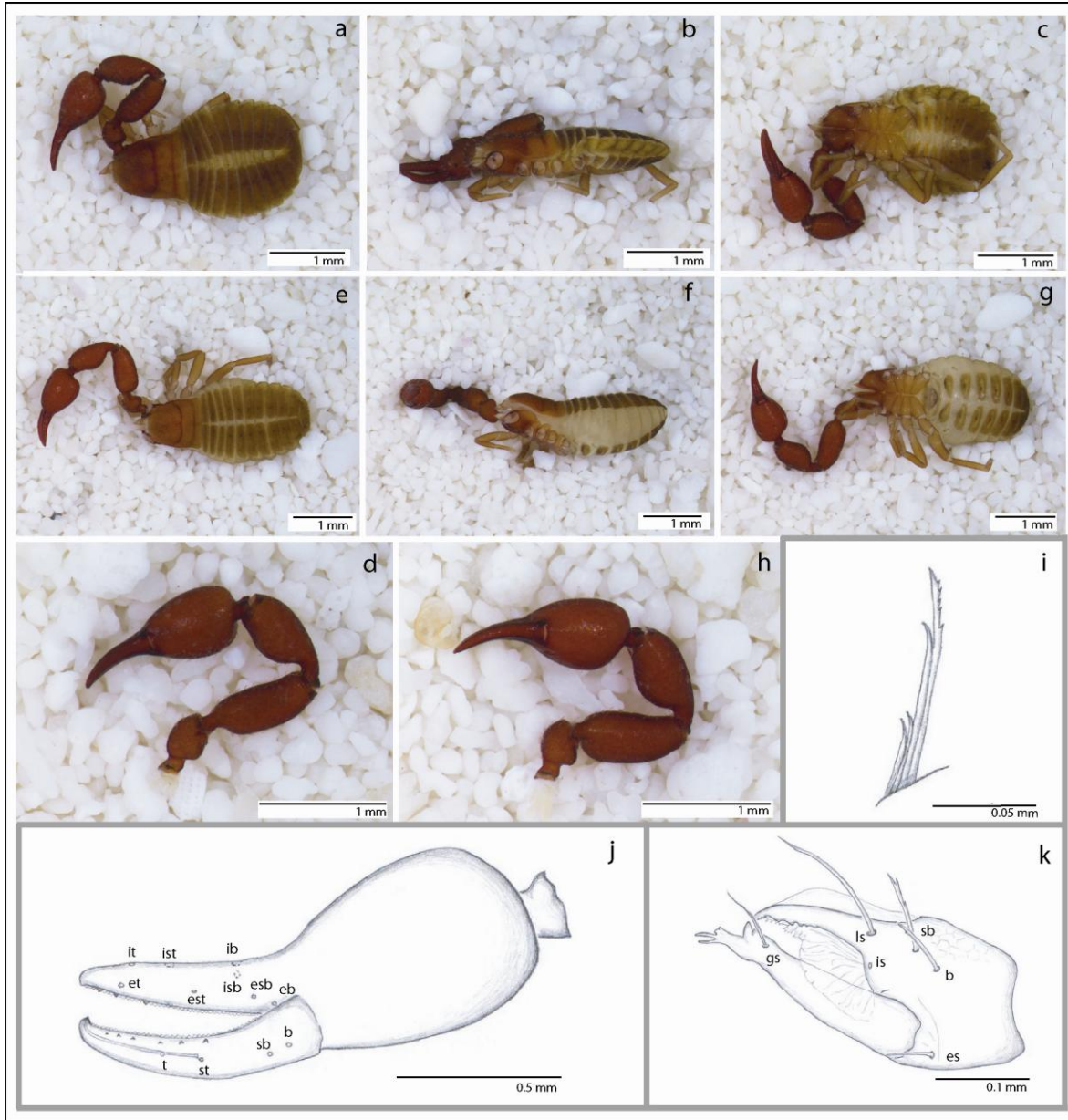


Figura 20. *Hesperochernes* sp01. Hembra. a) Hábito dorsal (20x). b) Hábito lateral (20x). c) Hábito ventral (20x). d) Pedipalpo izquierdo ventral (40x). i) Ilustración del rullum del quelícero (400x). j) Ilustración de la quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (100x). k) Ilustración del quelícero izquierdo dorsal (400x). Macho. e) Hábito dorsal (20x). f) Hábito lateral (20x). g) Hábito ventral (20x). h) Pedipalpo izquierdo ventral (40x).

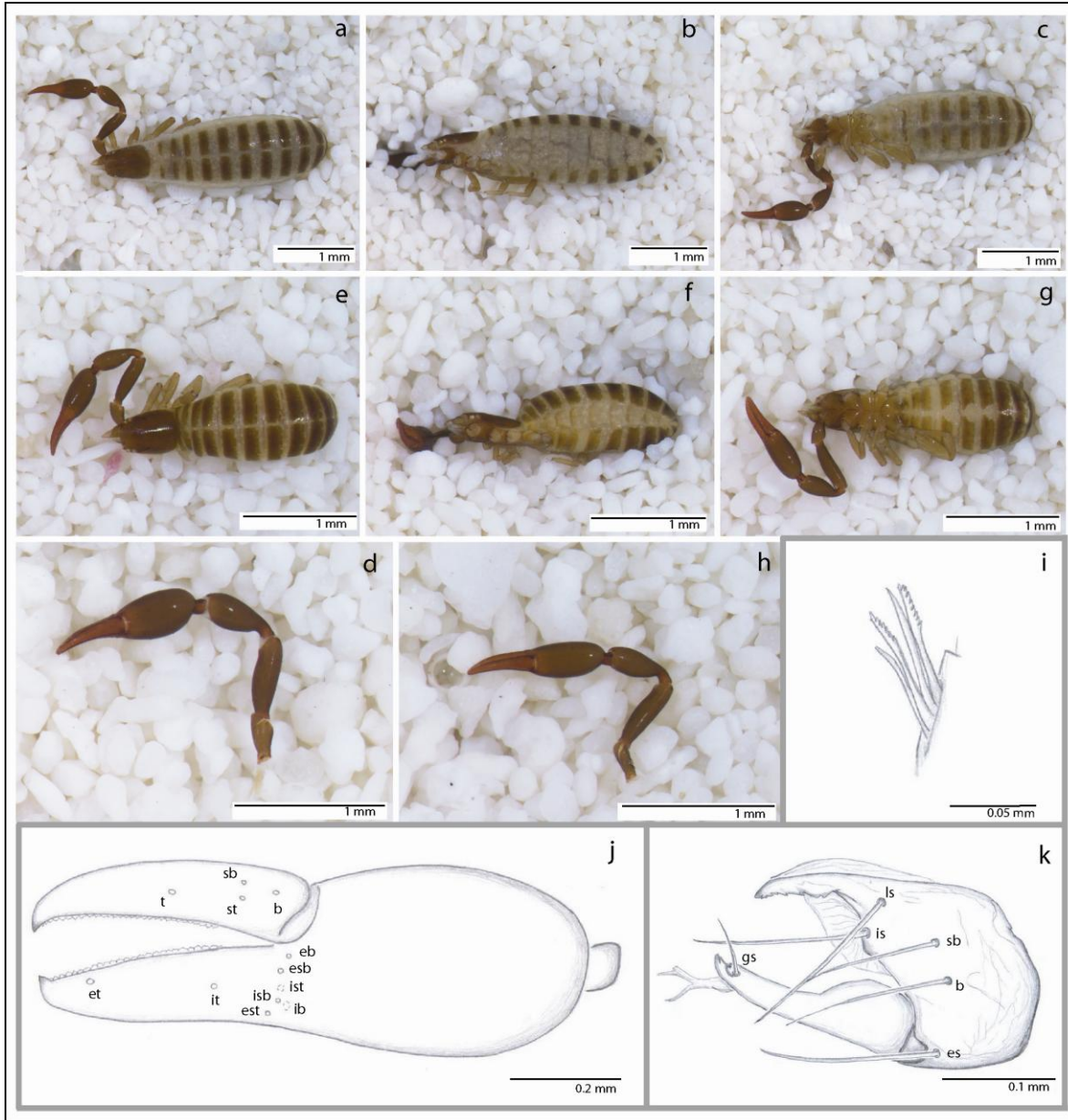


Figura 21. *Serianus* sp01. Hembra. a) Hábito dorsal (25x). b) Hábito lateral (25x). c) Hábito ventral (25x). d) Pedipalpo izquierdo ventral (50x). i) Ilustración del rullum del quelícero (400x). j) Ilustración de la quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (200x). k) Ilustración del quelícero izquierdo dorsal (400x). Macho. e) Hábito dorsal (30x). f) Hábito lateral (30x). g) Hábito ventral (30x). h) Pedipalpo izquierdo ventral (50x).

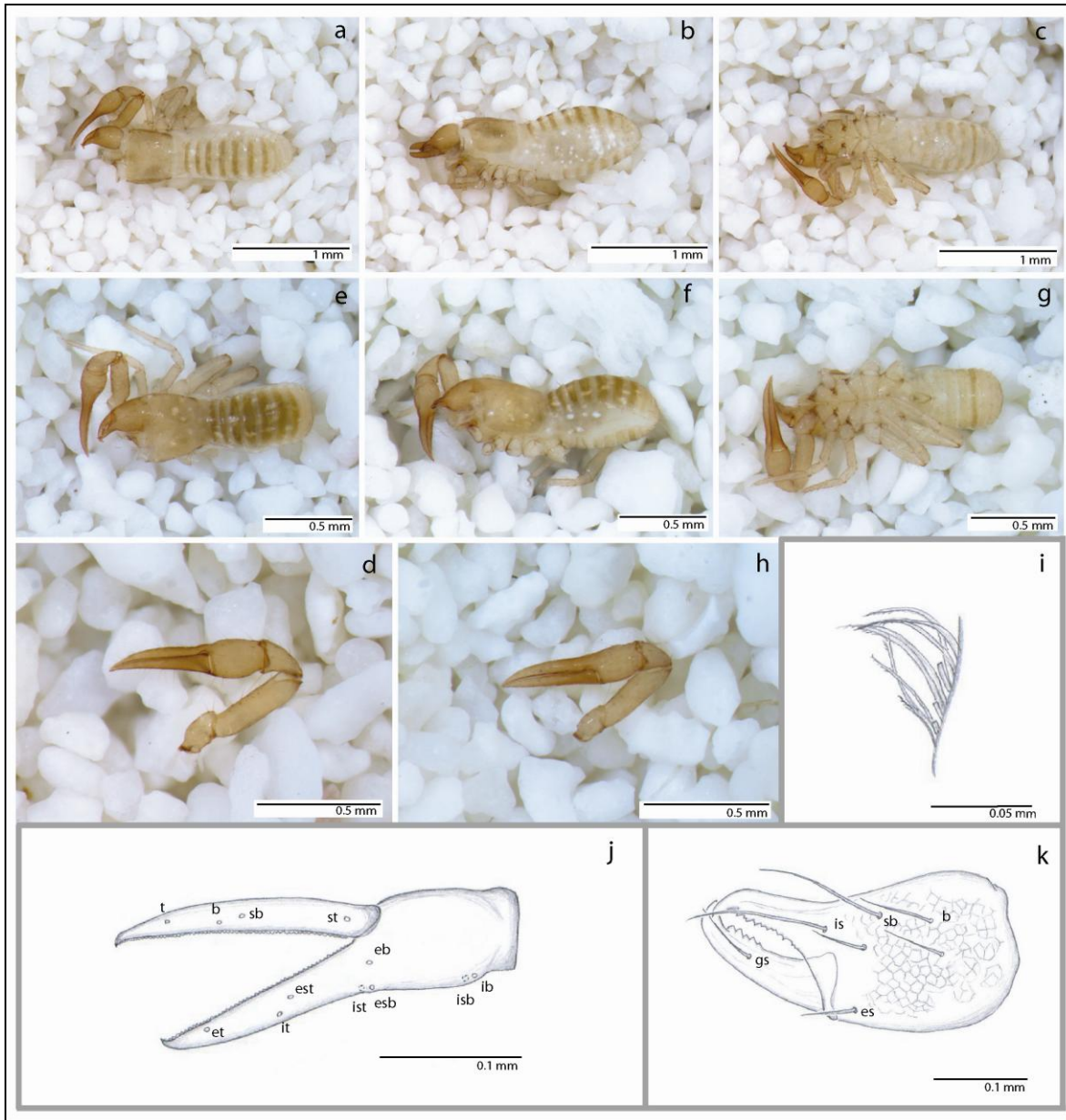


Figura 22. *Mundochthonius mexicanus*. Hembra. a) Hábito dorsal (40x). b) Hábito lateral (40x). c) Hábito ventral (40x). d) Pedipalpo izquierdo dorsal (80x). i) Ilustración del rullum del quelícero (400x). Macho. e) Hábito dorsal (60x). f) Hábito lateral (60x). g) Hábito ventral (60x). h) Pedipalpo izquierdo dorsal (80x). j) Ilustración de la quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (400x). k) Ilustración del quelícero izquierdo dorsal (400x).

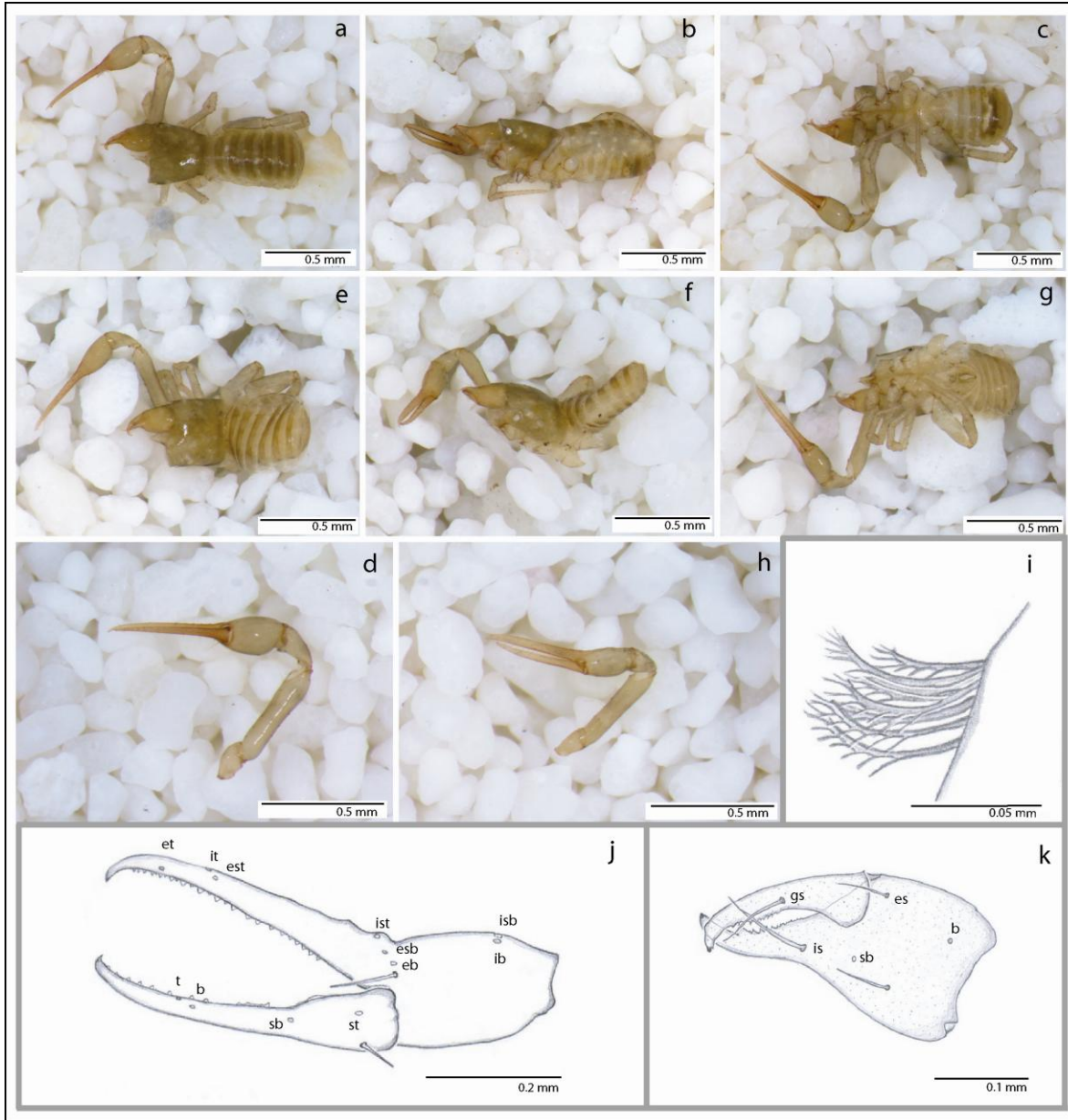


Figura 23. *Tyrannochthonius muchmoreorum*. Hembra. a) Hábito dorsal (60x). b) Hábito lateral (60x). c) Hábito ventral (60x). d) Pedipalpo izquierdo ventral (80x). j) Ilustración de la quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (200x). k) Ilustración del quelícero izquierdo dorsal (400x). Macho. e) Hábito dorsal (70x). f) Hábito lateral (70x). g) Hábito ventral (70x). h) Pedipalpo izquierdo ventral (80x). i) Ilustración del rallum del quelícero (400x).

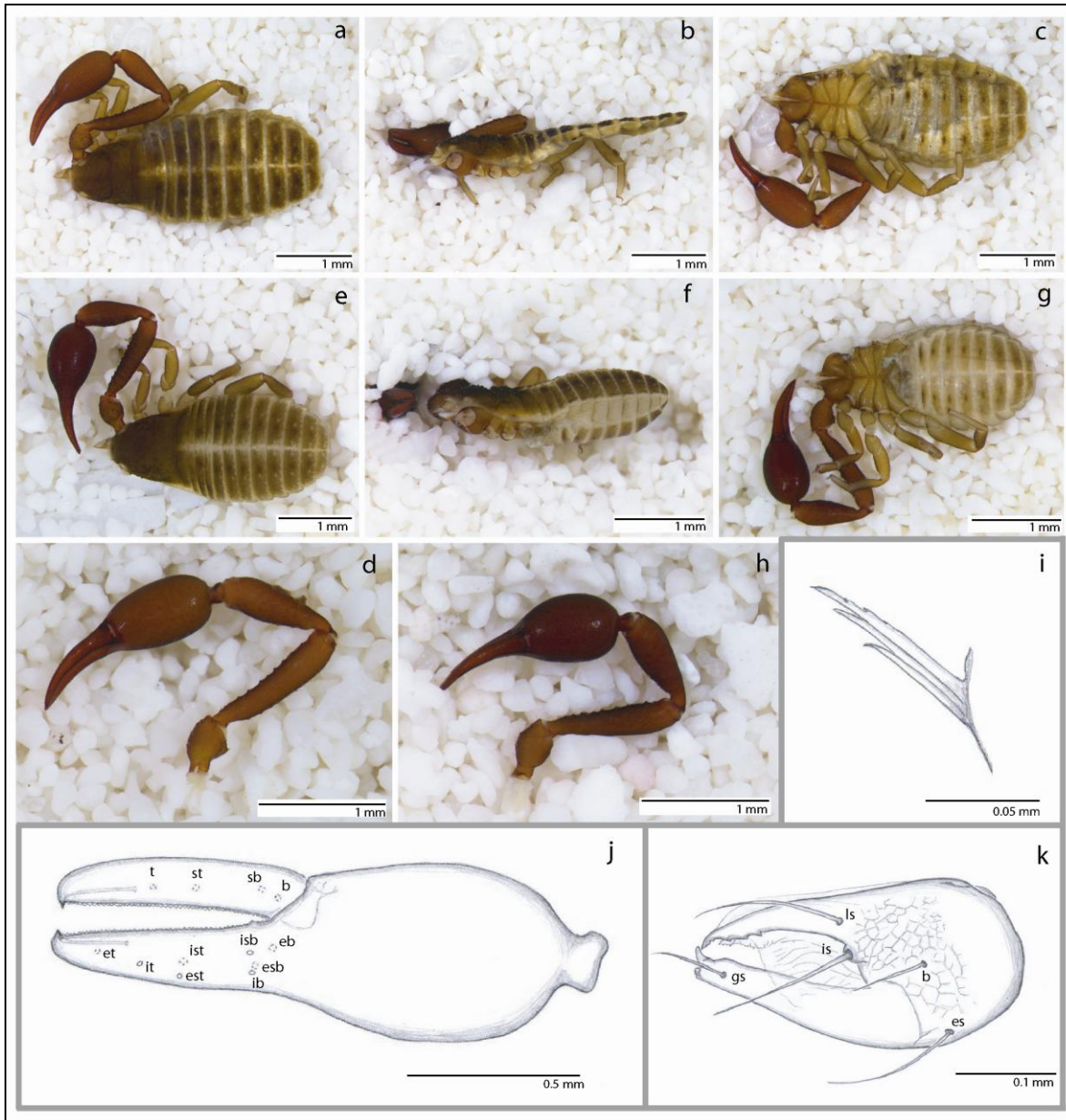


Figura 24. *Mexichelifer redelli*. Hembra. a) Hábito dorsal (25x). b) Hábito lateral (25x). c) Hábito ventral (25x). d) Pedipalpo izquierdo ventral (40x). i) Ilustración del rillum del quelícero (400x k). Ilustración del quelícero izquierdo dorsal (400x). Macho. e) Hábito dorsal (30x). f) Hábito lateral (30x). g) Hábito ventral (30x). h) Pedipalpo izquierdo ventral (40x). j) Ilustración de la quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (100x).



## 6. Discusión

El presente trabajo representa el primer inventario faunístico donde se utiliza el protocolo de colecta propuesto para arañas de Coddington *et al.* (1991) y Ubick *et al.* (2005), así como los análisis de diversidad propuestos por Colwell y Coddington (1994) para un Orden mesodiverso como Pseudoscorpionida.

Se encontraron cuatro familias, siete géneros y siete especies en la localidad de estudio. *Chernes* sp01, *Epichernes* sp06, *Hesperochnes* sp01 y *Serianus* sp01 son especies nuevas, *T. muchmoreorum* es un registro nuevo para México; *M. mexicanus* y *M. redelli* son registros nuevos para Veracruz; *Serianus* sp01 representa además el primer registro de la Familia Garypinidae para el estado. Este inventario aumenta el número de registros para México de 162 (Harvey, 2013b) a 167, y par el estado de Veracruz (Ceballos, 2004; Gaviño-Rojas, 2009) de 24 a 31 especies.

Es probable que la diversidad en Veracruz sea mayor debido a que el Parque Nacional Pico de Orizaba presenta zonas tropicales húmedas y semiáridas (CONANP, 2012) y se sabe que en zonas tropicales la diversidad de pseudoescorpiones es mayor (Weygoldt, 1969). Desde el punto de vista ecológico, el sitio de estudio parece ser una zona de transición importante porque se encontraron especies adaptadas a climas semi-secos (Familias Chernetidae y Cheliferidae), así como especies menos esclerosadas que requieren un alto grado de humedad (Familia Chthoniidae). Desafortunadamente se requieren más estudios faunísticos y ecológicos para entender mejor la relación de la composición de especies con respecto a la altitud, vegetación, humedad, microhábitats, etc.

*Epichernes* sp06 y *Hesperochnes* sp01 presentaron una abundancia muy baja. Además pertenecen a géneros típicamente encontrados en nidos de roedores, entre ellos ratones del género *Neotoma*, *Neotomodon* y *Peromyscus*, previamente reportados para el Parque Nacional Pico de Orizaba. Debido a esto se infiere que estos pseudoescorpiones habitan en los nidos de estos mamíferos y que se colectaron en la hojarasca de forma accidental.

Aunque no se realizaron muestreos mensuales, su pueden hacer algunas inferencias en cuanto a la fenología de la especie más abundante, *Chernes* sp01. La presencia de hembras con huevos en mayo (debido quizás a un incremento en la temperatura por el inicio de la primavera) indica claramente que alrededor de este mes inicia su periodo de reproducción. El incremento de protoninfas en octubre muestra que en el lapso de esos cinco meses los huevos eclosionaron y la dispersión de las protoninfas ha ocurrido abarcando hasta febrero, mes en el que hay un incremento aún mayor de dicho estadio. A diferencia de otras especies, *Chernes* sp01 no hiberna en cámaras de seda durante la época de incubación de los huevos, lo que se ve reflejado en una proporción equitativa de sexos. Otro punto a consideración es que la presencia de protoninfas de

vida libre en esta especie indica que no existe cuidado parental ya que al eclosionar los huevos los nuevos individuos se dispersan, aunque se requiere hacer observaciones más directas de las hembras con ovisacos y durante la eclosión de los huevos para su corroboración.

En trabajos anteriores el embudo de Berlese-Tullgren se ha propuesto como el método de colecta más eficiente para el Orden Pseudoscorpionida (Hoff, 1949; Gabbutt, 1970), lo cual se corrobora con los presentes datos. Sin embargo, la especie *Mexichelifer redelli* se encontró únicamente en la colecta directa en hábitats crípticos, por lo que se recomienda utilizar todos los métodos para obtener una muestra más representativa de la población. Además, para el caso de especies forontes de roedores, se deben implementar otros métodos como el usado por Hentschel (1979) y Villegas-Guzmán y Pérez (2005a).

Los estimadores de riqueza de especies indican que se colectó entre el 70.42% (Jack2) y el 100% (Chao1) de las especies en la localidad, mientras que las curvas de acumulación de especies tienden a una asíntota. Esto en conjunto indica que el inventario de pseudoescorpiones para la localidad está cerca de completarse (Colwell y Coddington, 1994; Sørenssen *et al.*, 2002). El bajo número de especies pudo haber influido en el comportamiento peculiar de las curvas de singletons y doubletons, las cuales se intersectan con muy pocas muestras y después se separan. El hecho de que los estimadores basados en incidencia (Chao2, ICE, Jackknife2) indiquen que se colectó un menor porcentaje de especies que aquellos basados en abundancia (Chao1, ACE, Jackknife1 y Bootstrap), puede deberse a que se presentó un solo singleton y dos uniques, afectando más a los estimadores basados en incidencia.

El resultado de los estimadores de riqueza de especies del presente trabajo (se colectó del 70% al 100% de las especies en el sitio de estudio) es similar e incluso un poco mayor al de diversos inventarios de arañas, un grupo megadiverso, los cuales oscilan entre 58% y 92% (Silva y Coddington, 1996; Sørenssen *et al.*, 2002; Rivera-Quiroz, 2013; Garcilazo-Cruz, 2013; Salgueiro-Sepúlveda, 2014). Esto no es de extrañarse porque los pseudoescorpiones son un Orden mesodiverso y hay que recordar que los estimadores están diseñados para lidiar con órdenes más diversos. Los resultados indican que los métodos estadísticos utilizados en este estudio son adecuados para estimar la riqueza de especies de este Orden y deberían ser utilizados en trabajos posteriores. Además hay que enfatizar que la implementación de muestreos sistemáticos y estandarizados es indispensable para realizar estudios comparativos.

A pesar de que en cada cuadrante se realizó el mismo esfuerzo de muestreo durante un año, el cuadrante 1 presentó una mayor abundancia de ejemplares (332 adultos) que el cuadrante 2 (28 adultos). Esto puede indicar que las condiciones del segundo cuadrante no son idóneas para los pseudoescorpiones, por ejemplo, el sustrato era en su mayor parte rocoso y presentaba poca profundidad de hojarasca, además de un menor grado de humedad y otros factores como el

deslave de rocas. Es necesario realizar mediciones sobre el aspecto ecológico de ambos cuadrantes para comprobar esto. Sin embargo, los índices de similitud Chao-Jaccard y Chao-Sorensen muestran que existe un índice de similitud entre el 88% y 93% respectivamente, por lo que ambos cuadrantes son bastante similares en cuanto a su composición de especies.

En cuanto a la variación estacional, se observó un mayor número de especies (cinco) y de organismos adultos (143) en el tercer periodo de colecta, correspondiente al mes de febrero. Los índices de similitud en la composición de especies Chao-Jaccard y Chao-Sorensen no mostraron diferencias significativas para el primer cuadrante, es decir, su composición de especies no varía a lo largo del año. Esto fue diferente para el segundo cuadrante, ya que ambos estimadores mostraron diferencias significativas entre cada salida, es decir, la composición de especies en esta zona varía a lo largo del año.

Este trabajo es el primero en crear un banco de imágenes digitales de pseudoescorpiones para México, las 52 imágenes digitales obtenidas y las 20 ilustraciones científicas se encuentran disponibles en la página del Laboratorio de Aracnología de la Facultad de Ciencias. Cabe resaltar que las diagnósis de los géneros *Epichernes* y *Hesperochnes* son relativamente largas, por lo que se requiere una revisión de estos géneros.

Actualmente, los avances tecnológicos están revolucionando la dinámica de los inventarios biológicos, sobre todo bajo el enfoque de la ciberdiversidad. Esto, aunado a la elaboración de diagnósis y claves de identificación, es indispensable para acelerar la comparación de inventarios faunísticos independientes, sin la necesidad de examinar directamente los ejemplares tipo y sin importar el estado de determinación taxonómica de los organismos (Miller *et al.*, 2014).

## 7. Conclusiones

1. Se registraron un total de siete especies del Orden Pseudoscorpionida en encinares que rodean al Parque Nacional Pico de Orizaba: cuatro son posibles nuevas especies, una es nuevo registro para México, dos son nuevos registros para el estado de Veracruz y se presenta el primer registro de la Familia Garypinidae para el estado.
2. Los análisis de diversidad de especies indican que se colectó entre el 70.42% (Jack2) y 100% (Chao1) de las especies presentes en la localidad, esto aunado al comportamiento de las curvas de acumulación de especies indica que el inventario esta muy cerca de completarse.
3. A pesar de la diferencia de abundancia entre los cuadrantes, los índices de similitud no presentaron diferencias significativas en cuanto a la composición de especies entre ambos.
4. Los análisis de estacionalidad muestran que no hubo diferencias significativas en la composición de especies entre cada expedición en el primer cuadrante, pero si para en el segundo.
5. Se elaboraron diagnosis y una clave de determinación dicotómica para las siete especies encontradas.
6. Se obtuvieron siete láminas con las 52 imágenes digitales y las 20 ilustraciones realizadas, las cuales están disponibles para su consulta gratuita en la página del Laboratorio de Aracnología de la Facultad de Ciencias.

## Literatura citada

- Aguiar, N. O. y P. F. Bührnheim. 1998. Phoretic pseudoscorpions associated with flying insects in Brazil. *Journal of Arachnology*, 26: 452-459.
- Alvarez-Padilla F. 1999. Estudio faunístico de la familia Araneidae (Arachnida: Araneae); en la selva baja caducifolia del municipio de "El Limón", Jalisco, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México, 87 pp.
- Alvarez-Padilla Laboratory 2014. Araneomorphae of Mexico a Digital Images Catalog v 2.0. Facultad de Ciencias UNAM. En: [www.unamfcaracnolab.com](http://www.unamfcaracnolab.com). Consultado el 2 de diciembre del 2014.
- Araújo-Feio, J. A. 1945. Novos pseudoscorpiones da região neotropical (com a descrição de uma subfamília, dois gêneros e sete espécies). *Boletim do Museu Nacional de Rio de Janeiro*, 44: 1-47.
- Aristotle. *History of Animals*. 4: cap. 7, cap. 26.
- Balzan, L. 1891. Voyage de M. E. Simona u Venezuela: Chernetes (Pseudoescorpiones). *Annales de la Société entomologique de France*. 60: 497-552.
- Banks, N. 1898. Arachnida from Baja California and other parts of Mexico. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 1: 205-308.
- Banks, N. 1909. New Pseudoscorpionida. *Canadian Entomologist*, 41: 303-307
- Beccaloni, J. 2009. *Arachnids*. Natural History Museum, London, 320 pp.
- Beier, M. 1932a. Pseudoscorpionidea I. Subord. Chthoniinea et Neobisiinea. *Tierreich* 57: i-xx, 1-258.
- Beier, M. 1932b. Pseudoscorpionidea II. Subord. Cheliferinea. *Tierreich* 58:i-xxi, 1-294.
- Beier, M. 1948. Phoresie und Phagophilie bei Pseudoscorpionen. *Österreichische Zoologische Zeitschrift*, 1: 441-497.
- Beier, M. 1933. Pseudoscorpione aus Mexiko. *Zoologischer Anzeiger*, 104: 91-101.
- Beier, M. 1956. Neue troglobionte Pseudoscorpione aus Mexico. *Ciencia (México)*, 16: 81-85.
- Beier, M. 1963. Eine neue Art der Pseudoscorpionen-Gattung *Albiorix* aus Höhle Acuitlapan, Gro., Mexico. *Ciencia (México)*, 22: 133-134.

- Buddle, C. M. 2010. Photographic key to the Pseudoscorpions of Canada and the adjacent USA. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 10: 1-77.
- Ceballos, A. 2004. Pseudoscorpionida. *En: J. Llorente, J. J. Morrone, O. Yáñez e I. Vargas (Eds.). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México, hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. 4. CONABIO-UNAM. México. pp. 417-429
- Chamberlin, J. C. 1923. New and little known pseudoscorpions, principally from the islands and adjacent shores of the Gulf of California. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 12: 353-387.
- Chamberlin, J. C. 1929. A synoptic classification of the false scorpions or chela-spinners with a report on a Cosmopolitan collection of the same. Part I. Heterosphyronida. *Annals and Magazine of Natural History (Series 10)*, 4: 50-80.
- Chamberlin, J. C. 1930. A synoptic classification of the false scorpions or chela-spinners with a report on a Cosmopolitan collection of the same. Part II. Diplosphyronida. *Annals and Magazine of Natural History (Series 10)*, 5: 1-48, 585-620.
- Chamberlin, J. C. 1931. The arachnid order Chelonetida. *Stanford University Publications, Biological Sciences*, 7: 1-284.
- Chamberlin, J. C. 1938. A new genus and three new species of false scorpion from Yucatan caves. *Publications of the Carnegie Institution of Washington*, 491: 109-121.
- Chamberlin, J. C. 1947. The Vachoniidae - A new family of false scorpions represented by two new species from caves in Yucatan. *Bulletin of the University of Utah, Biological Series*, 38: 1-15.
- Chamberlin, R. V. 1925. Diagnoses of new American Arachnida. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 67: 211-248.
- Chao, A. 2005. Species estimation and applications. *En: Encyclopedia of statistical sciences*. Balakrishnan, N., C. B. Read y B. Vidakovic (Eds.) Wiley, New York, vol. 12, pp. 7907-7916.
- Chao, A., R. L. Chazdon, R. K. Colwell y T-J Shen. 2005. A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters*, 8: 148-159.
- Coddington, J. A., C. E. Griswold, D. S. Davila, E. Penaranda, y S. F. Larcher. 1991. Designing and testing sampling protocols to estimate biodiversity in tropical Ecosystems. *En: The Unity of*

Evolutionary Biology: Proceedings of the Fourth International Congress of Systematic and Evolutionary Biology, vol. 2. pp. 44-60.

Coddington, J. A., G. Giribet, M.S. Harvey, L. Prendini, y D. E. Walter. 2004. Arachnida. *En: Assembling the Tree of Life*. Cracraft, J. y Donoghue, M. J. (Eds.). Oxford University Press, pp. 296-318.

Cokendolpher, J. C. 2009. New troglobitic *Tyrannochthonius* from Fort Hood, Texas (Pseudoscorpionida: Chthoniidae). *Texas Memorial Museum Speleological Monographs*, 7. Studies on the cave and endogean fauna of North America, V. pp:67-78.

Colwell, R. K. y J. A. Coddington. 1994. Estimating Terrestrial Biodiversity Through Extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B.*, 345: 101-118.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2012. Programa de manejo del Parque Nacional Pico de Orizaba. Programa de manejo para consulta, artículo 65 de LGEEPA. En:  
<http://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/PMPO%20Borrador%20para%20Consulta%20059.pdf>. Consultado el 18 de octubre del 2014.

De Geer, L. 1778. Mémoires pour servir à l'histoire des insects. *Stockholm*, 7 (5): 337-349.

Del Castillo, L. 1996. Estudio faunístico comparativo de dos comunidades guanobias en cavernas de Veracruz. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, 102 pp.

Francke, O. F. y G. A. Villegas-Guzmán. 2006. Symbiotic relationships between pseudoscorpions (Arachnida) and Packrats (Rodentia). *The Journal of Arachnology*, 34: 289-298.

Gabbutt, P. D. 1969. Life histories of some british pseudoscorpions inhabiting leaf litter. *En: Sheals, J.G. (Ed.), The Soil Ecosystem*, Systematics Association Publication no. 8., pp. 229–235.

Gabbutt, P. D. 1970. Sampling problems and the validity of life history analyses of pseudoscorpions. *Journal of Natural History*, 4: 1–15.

Gabbutt, P. D. y M. Vachon. 1967. The external morphology and life history of the pseudoscorpion *Roncus lubricus*. *Journal of Zoology, London*, 153: 475-498.

Garcilazo-Cruz U. 2013. Diversidad de arañas de la superfamilia Lycosoidea (Arachnida, Araneae) en "Las Pozas", San Luis Potosí, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, México, 59 pp.

- Gaviño-Rojas, R. 1999. Arácnidos edáficos de una zona con selva baja subcaducifolia en el municipio de Puente Nacional, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, 77 pp.
- Gaviño-Rojas, R. 2009. Los pseudoescorpiones mexicanos (Arachnida: Pseudoescorpiones) de la superfamilia Cheliferoidea, depositados en dos colecciones mexicanas. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 59 pp.
- Gaviño-Rojas, R. y A. A. Rojas. 2000. Pseudoescorpiones (Arachnida: Pseudoescorpiones) de la Sierra de Guadalupe, San Cristóbal Ecatepec, Estado de México. *En: Memorias XXXV Congreso Nacional de Entomología, Sociedad Mexicana de Entomología*, pp. 809-813.
- Geoffroy, M. 1762. *Histoire Abrégée des Insectes: qui se trouvent aux environs de Paris; dans laquelle ces animaux sont rangés suivant un ordre méthodique*. A Paris: Chez Durand. pag
- González-Santillán E., 2004. Escorpiofauna del Estado de México. Tesis de maestría, Instituto de Biología, UNAM, México, 142 pp.
- Gotelli, N.J. y Colwell, R.K. 2010. Estimating species richness. *En: Magurran, A.E. & McGill, B.J. (Eds.): Biological Diversity: Frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press, New York, pp. 39-54.
- Hagen, H. 1871. Synopsis Pseudoscorpionidum Synonymica. *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, 13: 263-272.
- Hansen, H. J. 1893. Organs and Characters in different orders of Arachnids. *Entomologiske Meddelelser* (Series 3), 4: 204-36.
- Harvey, M. S. 1985. The systematics of the family Sternophoridae (Pseudoscorpionida). *Journal of Arachnology*, 13: 141-209.
- Harvey, M. S. 1991. *Catalogue of the Pseudoscorpionida*. (edited by V. Mahner). Manchester University Press, Manchester, 850 pp.
- Harvey, M. S. 1992. The Phylogeny and Classification of the Pseudoscorpionida (Chelicerata: Arachnida). *Invertebrate Taxonomy*, 6: 1373-1435.
- Harvey, M. S. 2006. New Species and Records of the Pseudoscorpion Family Menthidæ (Pseudoescorpiones). *Records of the Western Australian Museum*. 23: 167-174.
- Harvey, M. S. 2013a. Correspondence Order Pseudoescorpiones. *Zootaxa* 3703 (1): 34-35.



- Harvey, M. S. 2013b. Pseudoscorpions of the World, version 3.0. Western Australian Museum, En: <http://www.museum.wa.gov.au/catalogues/pseudoscorpions/>. Consultado el 19 de octubre del 2014.
- Hentschel, E. 1979. Biología del pseudoscorpión *Dinocheirus* sp. asociado a *Neotomodon alstoni* (Mammalia, Rodentia). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 82 pp.
- Hentschel, E. y W. B. Muchmore. 1989. *Cocinachernes foliosus*, a new genus and species of pseudoscorpions (Chernetidae) from Mexico. *Journal of Arachnology*, 17: 345-349.
- Hermann, J. F. 1804. *Mémoire aptérologique*. Strasbourg, 144 pp.
- Hoff, C. C. 1944. New pseudoscorpions of the subfamily Lamprochernetidae. *American Museum Novitates*, 1271: 1-12.
- Hoff, C. C. 1945. New Neotropical Diplosphyronida (Chelonetida). *American Museum Novitates*, 1288: 1-17.
- Hoff, C. C. 1946. Descripción de una especie nueva del género *Pachychernes* Beier, 1932 (Pseudoscorpionida). *Ciencia (México)*, 7: 13-14.
- Hoff, C. C. 1949. The Pseudoscorpions of Illinois. *Illinois Natural History Survey*, 24: 413-498
- Hoff, C. C. 1956a. Pseudoscorpions of the family Chernetidae from New Mexico. *American Museum Novitates*, 1800: 1-66
- Hoff, C. C. 1956b. Pseudoscorpions of the family Cheliferidae from New Mexico. *American Museum Novitates*, 1804: 1-36.
- Hoff, C. C. 1956c. Diplosphyronid pseudoscorpions from New Mexico. *American Museum Novitates*, 1780: 1-49.
- Hoff, C. C. 1958. List of the pseudoscorpions of North America North of Mexico. *American Museum Novitates*, 1758: 1-49.
- Hoff, C. C. 1959. *The ecology and distribution of the pseudoscorpions of North-Central New Mexico*. University of New Mexico Press, Albuquerque, 68 pp.
- Hoffman, A. 1993. *El maravilloso mundo de los arácnidos*. Fondo de Cultura Económica USA, 166 pp.

- Ibarra-Núñez, G., J. Maya-Morales y D. Chamé-Vázquez. 2011. Las arañas del bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la biosfera Volcán Tacaná, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 1183-1193.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). En: <http://www.inegi.org.mx/>. Consultado el 20 de septiembre de 2013.
- Judson, M. L. I. 2012. Reinterpretation of *Dracochela deprehendor* (Arachnida: Pseudoescorpiones) as stem-group pseudoscorpion. *Palaeontology*, 55: 261-283.
- Kim, K. C., H. D. Pratt y C. J. Stojanovich. 1986. *The sucking lice of North America: An illustrated manual for identification*. Pennsylvania State University Press, 241 pp.
- Koch, C. L. 1843. Die Arachniden, 10: 37-80.
- Latreille, P. A. 1806. *Genera Crustacearum et insectorum secundum ordinem naturalem in familias disposita, iconibus exemplisque plurimis explicata*.
- Lee, V. F. 1979. The maritime pseudoscorpions of Baja California, Mexico (Arachnida, Pseudoescorpionida). *Occasional Papers of the California Academy of Sciences*, 131: i-iv, 1-38.
- Linné, C. 1758. *Systema naturae regnum animale*, Ed. 10, Theodorum Haak, Estocolmo, 824 pp.
- Mahnert, V. 1979. Pseudoscorpione (Arachnida) aus dem Amazonas-Gebiet (Brasilien). *Revue Suisse de Zoologie*, 86: 719-810.
- Mahnert, V. 1981. Die Pseudoscorpione (Arachnida) Kenyas. I. Neobisiidae und Ideoroncidae. *Revue Suisse de Zoologie*, 88: 535-559.
- Mahner, V. 2011. A nature's treasury: Pseudoscorpion diversity of the Canary Islands, with the description of nine new species (Pseudoescorpiones, Chthoniidae, Cheiridiidae) and new records. *Revista Ibérica de Aracnología*, 19: 27-45.
- Medina-Soriano, F. 2005. Las arañas errantes del manglar de Chiapas, México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 120 pp.
- Mejía, B. B. y C. Guerrero. 1993. Pseudoescorpiones de la selva baja caducifolia de Chamela, Jalisco, *Memorias del XXVIII Congreso Nacional de Entomología*, Puebla, México, pp. 404-405.
- Miller, J. A., J. H. Miller, D-S Pham y K. K. Beentjes. 2014. Cyberdiversity: Improving the Informatic Value of Diverse Tropical Arthropod Inventories. *PLoS ONE*, 9: 1-27.

- Mora, C., D. Tittensor, S. Adl, A. Simpson y B. Worm. 2011. How many species are there in the earth and ocean?. *PLOS Biology*, 9, 8: 1-8.
- Morphbank, Biological Imaging. Florida State University, Department of Scientific Computing, Tallahassee, FL 32306-4026 USA. En: <http://www.morphbank.net/>. Consultado el 12 de enero del 2014.
- Muchmore, W. B. 1969. A cavernicolous *Tyrannochthonius* from Mexico (Arach, Chelon, Chtho.). *Ciencia (México)*, 27: 31-32.
- Muchmore, W. B. 1971. Phoresy by North and Central American pseudoscorpions. *Proceedings of the Rochester Academy of Science*, 12: 79-97.
- Muchmore, W. B. 1972. A remarkable pseudoscorpion from the hair of a rat (Pseudoscorpionida, Chernetidae). *Proceedings of the biological Society of Washington*, 85: 427-432.
- Muchmore, W. B. 1973. New and little pseudoscorpions, mainly from caves in Mexico (Arachnida, Pseudoscorpionida). *Bulletin of the Association for Mexican Cave Studies*, 5: 47-62.
- Muchmore, W. B. 1974. Clarification of the genera *Hesperochnes* and *Dinocheirus* (Pseudoscorpionida, Chernetidae). *Journal of Arachnology*, 2: 25-36
- Muchmore, W. B. 1990. Pseudoscorpionida. En: Dindal, D. L. (Ed.), *Soil Biology Guide*. New York: John Wiley and Sons, pp. 503-508.
- Muchmore, W. B. 1992a. Cavernicolous pseudoscorpions from Texas and New Mexico (Arachnida: Pseudoscorpionida). *Texas Memorial Museum, Speleological Monographs*, 3: 127-153.
- Muchmore, W. B. 1992b. A new species of *Epichernes* from Costa Rica (Pseudoscorpionida, Chernetidae). *Insecta Mundi*, 6: 129-134.
- Muchmore, W. B. y E. Hentschel. 1982. *Epichernes aztecus*, a new genus and species of pseudoscorpion from Mexico (Pseudoscorpionida, Chernetidae). *Journal of Arachnology*, 10: 41-45.
- Murienne, J., M. S. Harvey y G. Giribet. 2008. First molecular phylogeny of the major clades of pseudoescorpiones (Arthropoda: Chelicerata). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 49: 170–184.
- Prpic N. M. y W. G. M. Damen. 2004. Expression patterns of leg genes in the mouthparts of the spider *Cupiennius salei* (Chelicerata: Arachnida). *Development genes and evolution*, 214:296–302.

- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Ressler, F. 1965. Über Verbreitung, Variabilität und Lebensweise einiger österreichischer Afterskorpione. *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, 12: 289-295.
- Reyes-Castillo, P. y J. Hendrichs. 1975. Pseudoescorpiones asociados con Pasálidos. *Acta Politécnica Mexicana*, 16:129-133.
- Rivera-Quiroz, A. 2013. Diversidad de las arañas de la familia Theridiidae (Arachnida, Araneae, Araneomorphae) del Jardín Escultórico de Edward James, Xilitla, San Luis Potosí. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, México, 131 pp.
- Rivera-Quiroz F. A., U. Garcilazo-Cruz y F. Alvarez-Padilla. (*in prep*).
- Roewer, C. F. 1940. Chelonethi oder Pseudoskorpione. *En: Bronns, Die Klassen und Ordnungen des Tierreichs*, vol. 5, div. 4, book 6, fasc. 3, pp. 321-354.
- Santos-González, A. 2001. Diversidad de arañas tejedoras asociadas a márgenes de arroyos, en dos localidades de la región del Soconusco, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 123 pp.
- Santos-González, A. 2005. Arañas tejedoras asociadas a manglares de la costa de Chiapas. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 137 pp.
- Santos, W. F. y J. Coutinho-Netto. 2006. Effects of the *Paratemnus elongatus* pseudoscorpion venom in the uptake and binding of the L-glutamate and GABA from rat cerebral cortex. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 20: 27-34.
- Salgueiro-Sepúlveda, F. J. 2014. Taxonomía y diversidad de la familia Theridiidae en encinares del Pico de Orizaba (Araneae: Araneoidea). Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 103 pp.
- Sharma, P. P., E. E. Schwager, C. G. Extavour y G. Giribet. 2012. Evolution of the chelicera: a dachshund domain is retained in the deutocerebral appendage of Opiliones (Arthropoda, Chelicerata). *Evolution and development*, 14: 522–533.
- Sharma, P. P., E. E. Schwager, G. Giribet, E. L. Jockusch y C. G. Extavour. 2013. Distal-less and dachshund pattern both plesiomorphic and apomorphic structures in chelicerates: RNA interference in the harvestman *Phalangium opilio* (Opiliones). *Evolution and development*, 15: 228–242.

- Sharma, P. P., S. T. Kaluziak, A. R. Pérez-Porro, V. L. González, G. Hormiga, W. C. Wheeler y G. Giribet. 2014. Phylogenomic Interrogation of Arachnida Reveals Systemic Conflicts in Phylogenetic Signal. *Molecular Biology and Evolution*, 31: 2963-2948.
- Shultz, J. W. 2007. A phylogenetic analysis of the arachnid orders based on morphological characters. *Zoological journal of the Linnean Society*, 150: 221-265.
- Silva, D. y J. A. Coddington. 1996. Spiders of Pakitza (Madre de Dios, Perú): Species Richness and Notes on Community Structure. *En: Manu: The Biodiversity of Southeastern Peru*, pp. 253-311.
- Simon, E. 1879. *Les Arachnides de France: les ordres des chernetes, scorpiones et opiliones*. Vol. 7, Li \_\_\_\_\_, Paris, 332 pp.
- Sørenssen, L., J. A. Coddington y N. Scharff. 2002. Inventorying and estimating subcanopy spider diversity using semiquantitative sampling methods in an afro-montane forest. *Environmental Entomology*, 31: 319-330.
- Thorell, T. 1883. Descrizione di alcuni Aracnidi inferiori dell'Arcipelago Malese. *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova*, 18: 21-69.
- Ubick, D., P. Paquin, P. E. Cushing y V. Roth (Eds). 2005. *Spiders of North America: an identification manual*. American Arachnological Society, EUA. 377 pp.
- Vázquez-Rojas, I. M, R. Gaviño-Rojas y L. del Castillo. 1996. Pseudoescorpiones (Arachnida: Pseudoescorpiones) epigeos e hipogeos en selva baja caducifolia. *En: Memorias del 6º Congreso Latinoamericano, 31º Congreso Nacional de Entomología*. Mérida, Yucatán, 24 pp.
- Vázquez-Rojas, I. M, R. Gaviño-Rojas y L. del Castillo. 1999. Los arácnidos y su relación con el suelo. *En: Memorias del XXXIV Congreso Nacional de Entomología*, Sociedad Mexicana de Entomología, pp. 680-681.
- Villegas-Guzmán, G. A. 2004. Pseudoescorpiones (Arachnida: Pseudoscorpionida) foréticos de un coleóptero *Chalcolepidius* sp. (Coleoptera; Elateridae) de Jalisco, México. *En: M. A. Morales, M. Ibarra, A. Rivera y S. Stanford (Eds.) Entomología Mexicana Vol. 3*, Sociedad Mexicana de Entomología, México. pp 2-4.
- Villegas-Guzmán, G. A. 2006. Pseudoescorpiones (Arachnida: Pseudoescorpiones) de la zona de restauración ecológica "El Cartón", Frontera Corozal, Chiapas *En: Estrada-Venegas, E.G., J. Romero-Nápoles, A. Equihua-Martínez, C. Luna-León y J. L. Rosas-Acevedo (Eds.) Entomología Mexicana, Vol. 5*, Sociedad Mexicana de Entomología, México, pp. 133-136.

- Villegas-Guzmán, G. A. 2006b. Pseudoescorpiones foréticos de roedores en México. *Acta Zoológica Mexicana*, 22: 141-143.
- Villegas-Guzmán, G. A., G. Montiel-Parra y O. J. Polaco. 2000. Artropodofauna de la cueva "La Chinacatera", Sinaloa, México. *En: Memorias del XXXV Congreso Nacional de Entomología*, Acapulco, Guerrero, México: 559-563.
- Villegas-Guzmán, G. A. y T. M. Pérez. 2005a. Pseudoescorpiones (Arachnida: Pseudoscorpionida) asociados a nidos de ratas del género *Neotoma* (Mammalia: Rodentia) del Altlipano Mexicano. *Acta Zoológica Mexicana*, 21: 63-77.
- Villegas-Guzmán, G. A. y T. M. Pérez. 2005b. Hallazgo de pseudoescorpiones (Arachnida: Pseudoescorpiones) foréticos de *Felis catus* Linnaeus, 1758, en la ciudad de México. *Folia Entomologica Mexicana*, 44: 85-87.
- Weygoldt, P. 1969. *The Biology of Pseudoscorpions*. Harvard University Press, Cambridge Massachusetts, 145 pp.
- Wirth, W. W. y N. Marston. 1968. A method for mounting small insects on microscope slides in Canada balsam. *Annals of the Entomological Society of America*, 61: 783-784.
- Zamudio, M. L. 1963. Pseudoescorpiones de México de la subfamilia Lamprochernetidae (Arachnida: Pseudoscorpionida). Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 49 pp.
- Zeh W. D. y J. A. Zeh. 1991. Novel use of silk by the harlequin beetle-riding pseudoscorpion, *Cordylochernes scorpioides* (Pseudoscorpionida, Chernetidae). *The Journal of Arachnology*, 19: 153-154.