



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
FACULTAD DE CIENCIAS  
SISTEMÁTICA

**DIVERSIDAD CIBERNÉTICA DEL ORDEN PSEUDOSCORPIONES (CHELICERATA,  
ARACHNIDA) EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA LOS TUXTLAS, VERACRUZ,  
MÉXICO.**

# **TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**DULCE FLOR PIEDRA JIMÉNEZ**

**TUTOR(A) PRINCIPAL DE TESIS: DR. FERNANDO ALVAREZ PADILLA**  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

**COMITÉ TUTOR: DR. HUGO HARLAN MEJÍA MADRID**  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

**DR. ALEJANDRO FRANCISCO OCEGUERA FIGUEROA**  
INSTITUTO DE BIOLOGIA, UNAM

**MÉXICO, CD. MX. OCTUBRE, 2017**



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.





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
FACULTAD DE CIENCIAS  
SISTEMÁTICA

**DIVERSIDAD CIBERNÉTICA DEL ORDEN PSEUDOSCORPIONES (CHELICERATA,  
ARACHNIDA) EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA LOS TUXTLAS, VERACRUZ,  
MÉXICO.**

# **TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**DULCE FLOR PIEDRA JIMÉNEZ**

**TUTOR(A) PRINCIPAL DE TESIS: DR. FERNANDO ALVAREZ PADILLA**  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

**COMITÉ TUTOR: DR. HUGO HARLAN MEJÍA MADRID**  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

**DR. ALEJANDRO FRANCISCO OCEGUERA FIGUEROA**  
INSTITUTO DE BIOLOGIA, UNAM

**MÉXICO, CD. MX. OCTUBRE, 2017**

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OFICIO FCIE/DEP/630/2017

ASUNTO: Oficio de Jurado

Lic. Ivonne Ramírez Wence  
Directora General de Administración Escolar, UNAM  
P r e s e n t e

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día **7 de agosto de 2017** se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en el campo de conocimiento de **Sistemática** del (la) alumno(a) **PIEDRA JIMÉNEZ DULCE FLOR** con número de cuenta **307190183** con la tesis titulada "**Diversidad Cibernética del Orden Pseudoscorpiones (Chelicerata, Arachnida) en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz, México**", realizada bajo la dirección del (la) **DR. FERNANDO ALVAREZ PADILLA**:

Presidente: DR. JOSÉ GUADALUPE PALACIOS VARGAS  
Vocal: DR. SANTIAGO ZARAGOZA CABALLERO  
Secretario: DR. HUGO HARLAN MEJÍA MADRID  
Suplente: DRA. MARÍA DEL CARMEN GUZMÁN CORNEJO  
Suplente: DR. ALEJANDRO FRANCISCO OCEGUERA FIGUEROA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"**  
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 6 de octubre de 2017



**DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA**  
COORDINADOR DEL PROGRAMA



AGNS/MJFM/ASR/ipp

## Agradecimientos

Me gustaría agradecer al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM, en el cual se llevaron a cabo mis estudios de maestría, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante dichos estudios.

La estancia de investigación en el extranjero fué financiada por el Programa de Apoyo a los Estudios de Posgrado (PAEP).

Agradezco a los siguientes proyectos y sus responsables por el apoyo en el trabajo de campo y análisis moleculares respectivamente:

Proyecto: 214916. Titulado “Diversidad cibernética de dos grupos de arácnidos (*Araneomorphae* y *Pseudoscorpionida*) en la Selva Mediana Perennifolia de la reserva de Los Tuxtlas”. Financiado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico a través de PAPIIT, México. Otorgado al Dr. Fernando Alvarez Padilla.

Proyecto: IA202016. Titulado “Diversidad genética de *Erpobdella* spp. (Hirudinea): ¿Múltiples especies o elevada diversidad molecular?”. Financiado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico a través de PAPIIT, México. Otorgado al Dr. Alejandro Ocegüera Figueroa.

Finalmente doy las gracias a los miembros de mi comité tutorial: Dr. Fernando Alvarez Padilla, Dr. Hugo Harlan Mejía Madrid y Dr. Alejandro Ocegüera Figueroa por aceptar dirigir mi trabajo y por sus valiosos comentarios y apoyo en cada tutorial.

## **Agradecimientos a título personal**

Agradezco a mi tutor principal: el Dr. Fernando Alvarez Padilla y a los miembros de mi jurado: Dr. José Guadalupe Palacios Vargas, Dr. Santiago Zaragoza Caballero, Dr. Hugo Harlan Mejía Madrid, Dra. María del Carmen Guzmán Cornejo y Dr. Alejandro Francisco Ocegüera Figueroa, por sus valiosas aportaciones, comentarios y correcciones.

Agradezco también al Dr. Alejandro Francisco Ocegüera Figueroa del laboratorio de Helminología, Ofelia Delgado Hernández, Andrea Jiménez Marín del Laboratorio de Biología Molecular del Departamento de Zoología-LANABIO y a Laura Márquez Valdelamar del Laboratorio de Secuenciación genómica de la Biodiversidad y de la Salud por su ayuda con la extracción y secuenciación de DNA.

Agradezco a las siguientes personas por las facilidades para el acceso y revisión de ejemplares de distintas colecciones científicas:

Al Dr. Oscar F. Francke Ballvé y a la M. en C. Griselda Montiel Parra de la Colección Nacional de Arácnidos del Instituto de Biología de la UNAM (CNAN). Al Dr. Gonzalo Giribet y a Adam J. Baldinger del Museum of Comparative Zoology, Invertebrate Department, Harvard University (MCZ). Al Dr. Lorenzo Prendini, Dr. Pio Colmenares y Louis Sorkin del American Museum of Natural History, Division of Invertebrate Zoology, Arachnida, Myriapoda Collections (AMNH). Finalmente me gustaría agradecer al M. en C. Diego Miguel Arenas Moreno y a la Biól. Alí Zeltzin Lira por su ayuda con la colecta e identificación del díptero foronte.

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mi familia y amigos por apoyarme incondicionalmente en todos mis proyectos.

Al Dr. Fernando, Dr. Edmundo y a Ofelia por ser mis guías desde hace varios años.

A mis hermanos de laboratorio: Salgueiro, Andrés, Uriel, Toño, Ali, Ricardo y Josué por su apoyo y amistad durante tanto tiempo.

A mis padres, por darme la fuerza para caminar y la libertad de escoger mi camino.

## Índice

Resumen.....	1
Abstract.....	2
1. Introducción .....	3
1.1.El Orden Pseudoscorpiones De Geer, 1778.....	4
Generalidades.....	4
Historia taxonómica del Orden Pseudoscorpiones.....	4
Principales contribuciones a la biología del Orden Pseudoscorpiones .....	5
Anatomía externa .....	5
Anatomía interna .....	11
Dimorfismo sexual .....	12
Ecología.....	14
Historia de vida.....	16
1.2.Clasificación y Sistemática del Orden Pseudoscorpiones .....	18
2. Objetivos.....	22
3. Antecedentes.....	23
3.1.El Orden Pseudoscorpiones en México.....	23
3.2. Área de estudio.....	25
Sierra de Los Tuxtlas.....	25
Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas.....	27
Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas.....	27
4. Metodología.....	29
4.1.Trabajo de campo.....	29
4.2.Procesamiento de muestras.....	32
4.3.Revisión de Colecciones Científicas.....	33
4.4.Análisis moleculares.....	34
4.5.Estimaciones de riqueza total de especies y análisis de estacionalidad .....	34
4.6.Descripción y clave de identificación de las especies recolectadas.....	36
4.7.Imágenes digitales estandarizadas e ilustraciones científicas.....	36
5. Resultados .....	37
5.1.Listado de especies encontradas.....	37
5.2.Análisis moleculares.....	39
5.3.Estimaciones de riqueza total de especies y análisis de estacionalidad.....	41
5.4.Clave de identificación de las especies recolectadas.....	44
5.5.Descripción de las especies recolectadas.....	45
5.6.Imágenes digitales estandarizadas e ilustraciones científicas.....	57
6. Discusión .....	64
7. Conclusiones .....	66
Literatura Citada .....	67
Apéndices.....	79

## Lista de figuras

- Figura 1. Vista generalizada del pseudoescorpión *Chelifer cancroides* (Linnaeus, 1758) (Modificado de Chamberlin, 1931).....8
- Figura 2. a) Variación de las formas del caparazón de los pseudoescorpiones; b) quelícero de *Lamprochernes* sp. y c) quela del pedipalpo de *Microcreagris* sp. (Tomado de Muchmore, 1990)...9
- Figura 3. Vista general de los apéndices de un pseudoescorpión: a) pedipalpo, b) pata IV, c) pata I y d) detalle de tarso con arolio (Modificado de Harvey, 1992 y Vachon, 1949).....10
- Figura 4. Morfología de la quela y aparato de veneno de *Parobisium flexifemoratum* Chamberlin, 1930 (Modificado de Chamberlin, 1931).....10
- Figura 5. Anatomía interna de protoninfa de *Pselaphochernes*: (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).....13
- Figura 6. Vista generalizada de la genitalia de un pseudoescorpión a) hembra: (md) divertículo medio, (mcp) plato cribiforme medio, (mg) glándula media, (pdv) divertículo posterior, (ov) oviductos, (cov) oviducto común, (sp) espermateca, (lcp) plato cribiforme lateral, (ldv) divertículo lateral, (lg) glándula lateral, (gap) abertura genital, (o) ovario; b) macho: (da) apodema dorsal, (vd) vasos deferentes, (pdg) glándula dorsal posterior, (vag) glándula anterior ventral, (dag) glándula dorsal anterior, (t) tráquea, (lgs) saco genital lateral, (sv) vesícula seminal, (pr) reservorio prostático, (ejca) canal eyaculador del atrio, (ejc) canal eyaculador, (la) apodema lateral, (gap) apertura genital, (ga) atrio genital, (apdg) atrio de glándula dorsal posterior, (mr) borde medio, (dmgs) ducto del saco medio, (mgs) saco medio genital, (te) testículos (Tomado de Legg, 1974a, b).....13
- Figura 7. a) Tritoninfa de *Chelifer cancroides* en su nido y b) *Pselaphochernes scorpioides* Hermann, 1804 sujeto a una mosca (Tomado de Weygoldt, 1969).....14
- Figura 8. a) Algunas fases de la “danza nupcial” de *Lasiochernes pilosus* Ellingsen, 1910. b) de izquierda a derecha espermátóforos de *Larca granulata* Banks, 1891, *Cheiridium museorum* y *Apocheiridium ferum* Simon, 1879, c) hembra de *Neobisium carcinoides* Hermann, 1804 con huevos en su bolsa incubadora (Modificado de Weygoldt, 1969).....17
- Figura 9. Filogenia de arácnidos basada en el análisis morfológico de Shultz (Modificado de Shultz, 1990).....19
- Figura 10. Filogenia del Orden Pseudoscorpiones propuesta por Harvey. Las Familias marcadas con un asterisco están registradas para México (Modificado de Harvey, 1992).....20
- Figura 11. Primera filogenia molecular para el Orden Pseudoscorpiones propuesta por Muriene *et al.* (2008).....21

Figura 12. Ubicación de la localidad de estudio: Veracruz, municipio de San Andrés Tuxtla, Sierra de Los Tuxtlas, Estación Biológica y puntos de las esquinas y central del cuadrante.....	28
Figura 13. Representación del cuadrante de una hectárea dividido en 16 sub-cuadrantes. La línea doble representa el camino central. Se representa la distribución ideal de las trampas de caída. Los círculos representan las pitfalls convencionales y los cuadrados las pitfalls subterráneas.....	30
Figura 14. Métodos de recolecta: (a) red de golpeo, (b) trampa de caída convencional, (c) tamizador Winkler, (d) embudo de Berlese-Tullgren y (e) aspirador entomológico (Modificado de Ubick <i>et al.</i> , 2005).....	31
Figura 15. Trampas de caída modificadas o pitfalls subterráneas.....	31
Figura 16. Representación general de un sub-cuadrante con la distribución de las trampas de caída. Los círculos representan las pitfalls convencionales y los cuadrados las pitfalls subterráneas..	32
Figura 17. Filogenia de pseudoescorpiones basada en un análisis de máxima verosimilitud del gen COI. Las especies marcadas con un asterisco corresponden a los ejemplares del presente inventario. Los valores de soporte en los nodos indican los valores de bootstrap.....	40
Figura 18. Curvas de riqueza de especies según estimadores a) basados en abundancia y b) basados en incidencia.....	42
Figura 19. Chernetidae sp01. Hembra. a) Hábito dorsal (15x). b) Hábito ventral (15x). c) Pedipalpo ventral (40x). Macho d) Hábito dorsal (15x). e) Hábito ventral (15x). f) Pedipalpo ventral (30x). g) Espermateca (400x). h) Quelícero izquierdo dorsal (400x). i) Quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (100x). j) Rallum (400x). .....	57
Figura 20. <i>Hexachernes cf. pennatus</i> . Hembra. a) Hábito dorsal (10x). b) Hábito ventral (10x). c) Pedipalpo ventral (20x). Macho d) Hábito dorsal (15x). e) Hábito ventral (15x). f) Pedipalpo ventral (20x). g) Espermateca (400x). h) Quelícero izquierdo dorsal (200x). i) Quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (100x). j) Rallum (400x) .....	58
Figura 21. <i>Tyrannochthonius</i> sp01. Hembra. a) Hábito dorsal (70x). b) Hábito ventral (70x). c) Pedipalpo ventral (100x). Macho d) Hábito dorsal (80x). e) Hábito ventral (80x). f) Pedipalpo ventral (100x). g) Genitalia del macho (400x). h) Quelícero izquierdo dorsal (400x). i) Rallum (1000x). j) Quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (400x).....	59
Figura 22. <i>Tyrannochthonius</i> sp02. Hembra. a) Hábito dorsal (100x). b) Hábito ventral (100x). c) Pedipalpo ventral (100x). Macho d) Hábito dorsal (100x). e) Hábito ventral (100x). f) Pedipalpo ventral (100x). g) Genitalia del macho (400x). h) Quelícero izquierdo dorsal (400x). i) Rallum (1000x). j) Quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (400x) .....	60
Figura 23. <i>Pseudalbiorix reddelli</i> . Hembra. a) Hábito dorsal (35x). b) Hábito ventral (35x). c) Pedipalpo ventral (70x). Macho d) Hábito dorsal (35x). Macho. e) Hábito ventral (35x). f) Pedipalpo	

ventral (70x). g) Genitalia del macho (400x). h) Quelícero izquierdo dorsal (400x). i) Rallum (400x). j) Quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (400x). .....61

Figura 24. *Ideoblothrus mexicanus*. Hembra. a) Hábito dorsal (50x). b) Hábito ventral (50x). c) Pedipalpo ventral (100x). Macho d) Hábito dorsal (60x). e) Hábito ventral (60x). f) Pedipalpo ventral (100x). g) Genitalia del macho (400x). h) Quelícero izquierdo dorsal (400x). i) Quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (400x). j) Rallum (1000x) .....62

Figura 25. *Paratemnoides nidificator*. Hembra. a) Hábito dorsal (20x). b) Hábito ventral (20x). c) Pedipalpo ventral (40x). Macho d) Hábito dorsal (25x). e) Hábito ventral (25x). f) Pedipalpo ventral (40x). g) Espermateca (400x). h) Quelícero izquierdo dorsal (400x). i) Rallum (400x). j) Quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (200x). .....63

## 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).....	6
Cuadro 2. Listado de las especies de pseudoescorpiones registradas para Veracruz, México, de acuerdo con Ceballos (2004) y Piedra-Jiménez <i>et al.</i> , en prensa.....	24
Cuadro 3. Listado de especies encontradas mostrando un posible nuevo género (**), dos nuevas especies (*), un nuevo registro para el país (°) y un nuevo registro para el estado de Veracruz (°).....	38
Cuadro 4. Número de ejemplares recolectados por método.....	38
Cuadro 5. Resultados de los análisis de diversidad utilizando los estimadores del programa EstimateS 9.1.0. Abreviaciones: S obs., especies observadas; SD, desviación estándar; Spp %, porcentaje de especies recolectadas.....	41
Cuadro 6. Especies y número de ejemplares presentes en cada expedición.....	43
Cuadro 7. Riqueza y abundancia de especies en cada expedición.....	43
Cuadro 8. Proporción (largo/ancho en mm) de los artejos del pedipalpo, carapacho y longitud (mm) del dedo de la quela de cada especie.....	56

## Resumen

Se levantó un inventario faunístico para conocer la diversidad de pseudoescorpiones en la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas, Veracruz. Dicho inventario consistió en dos expediciones de siete días en un sólo año, usando métodos de recolecta estandarizados en una hectárea de selva alta perennifolia. Se recolectaron un total de 443 organismos, 174 juveniles y 269 adultos que fueron determinados encontrando 10 especies pertenecientes a cinco familias: Chernetidae presentó la mayor riqueza con cinco especies y Chthoniidae la más abundante con 217 ejemplares. En los resultados taxonómicos se propone un género nuevo de Chernetidae, dos nuevos miembros de *Tyrannochthonius*, *Hexachernes* se registra por primera vez para México, y Syarinidae y *Pseudalbiorix reddelli* se registran para el estado de Veracruz. Todos los taxa se documentaron con 77 fotografías digitales estandarizadas mismas que están disponibles en [www.unamfcaracnolab.com](http://www.unamfcaracnolab.com) y 28 ilustraciones científicas. Se obtuvieron 15 secuencias de un fragmento del gen Citocromo Oxidasa I (COI) y se realizó un análisis filogenético para someter a prueba la inclusión de las especies en sus respectivas familias y la correspondencia entre sexos. Los resultados faunísticos incluyen el análisis de estimación de riqueza, el cual indicó que se recolectó entre el 91% y 100% de la fauna de pseudoescorpiones, el análisis de estacionalidad que concluyó en que no hay diferencias significativas en la composición entre ambas expediciones, y finalmente se elaboraron las descripciones y la clave de identificación dicotómica para los pseudoescorpiones encontrados en la localidad.

## Abstract

A faunistic inventory was carried out to investigate the diversity of pseudoscorpions in the Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz. This inventory consisted of two expeditions of seven days throughout one year, using standardized collection methods in one hectare of a tropical rainforest. A total of 443 organisms were collected, 174 juveniles and 269 adults. These specimens were determined to ten species belonging to five families. Chernetidae had the highest richness with five species and Chthoniidae the most abundant with 217 specimens. As taxonomic results we propose a new genus of Chernetidae, two new members of *Tyrannochthonius*; *Hexachernes* is recorded for the first time in Mexico, and Syarinidae and *Pseudalbiorix reddelli* for the state of Veracruz. All taxa were documented with 77 standardized digital photographs available at [www.unamfcaracnolab.com](http://www.unamfcaracnolab.com) and 28 scientific illustrations. Fifteen partial sequences of the Cytochrome Oxidase I gene (COI) were obtained and a phylogenetic analyses was performed to test the inclusion of each species in their respective family and the correspondence of genders. The faunistic results include: an analysis of species richness, which indicated that 91 to 100% of the total species were collected; a seasonality analysis concluding that there are no significant differences between the two expeditions; and finally the description and the dichotomous identification key for the pseudoscorpions found in this locality were made.

## 1. Introducción

Estudiar y documentar la diversidad biológica es una de las tareas básicas de la ciencia. Sin embargo el conocimiento acerca de nuestros recursos biológicos es limitado y frecuentemente se encuentra disperso. Esto ocurre sobre todo en los trópicos, donde se alberga una mayor diversidad de especies y donde hay una alarmante tasa de destrucción de hábitats, por lo que este conocimiento es fundamental para tomar decisiones sobre áreas prioritarias para su conservación (Dirzo y Raven, 1994). Para aumentar el conocimiento de la biodiversidad es indispensable el uso de disciplinas biológicas como la Faunística, que desarrolla métodos eficientes de muestreo y compara la diversidad de distintos biomas, la Taxonomía que se encarga de describir esta biodiversidad (Wilson, 2004), y la Sistemática Filogenética que descubre sus relaciones histórico-evolutivas (Morrone, 2001).

Los inventarios biológicos junto con las colecciones científicas constituyen las herramientas fundamentales en los estudios de la diversidad biológica. Sin embargo, dichos inventarios a menudo se encuentran incompletos, incluso las biotas de áreas que han sido formalmente protegidas y relativamente bien estudiadas están sólo parcialmente censadas, ya que la mayoría de los estudios se han concentrado en los organismos más conspicuos o no aplican métodos de recolecta eficientes y/o comparables (Dirzo y Raven, 1994; Coddington *et al.*, 1991). Adicionalmente, el proceso de nombrar y describir a las especies, así como de compartir la información de distintos inventarios requiere de mucho tiempo. Únicamente el proceso de publicación puede tardar desde cinco semanas hasta varios meses.

Esta situación es especialmente alarmante debido al acelerado ritmo de extinción de las especies, lo que Wilson (1985) llamó la “Crisis de la biodiversidad”. En este trabajo calcula que se necesitarían alrededor de 25,000 especialistas trabajando por 40 años para describir un estimado de diez millones de especies. Como solución a este problema surge el concepto de “Ciberdiversidad” o “Diversidad cibernética” que se basa en el uso de los avances tecnológicos para compartir la información de distintos inventarios faunísticos. Esto permite la comparación de ejemplares sin importar el estado taxonómico del grupo en cuestión, comparaciones entre áreas sin importar que las especies no estén formalmente descritas, da evidencia de las determinaciones taxonómicas y provee toda esta información a especialistas para ser evaluada por medio de páginas de internet. Estas herramientas incluyen bases de imágenes digitales de alta resolución ([www.unamfcaracnolab.com](http://www.unamfcaracnolab.com), [www.digitalspiders.org](http://www.digitalspiders.org), [www.antweb.org](http://www.antweb.org), etc), secuencias de DNA, datos ecológicos, mapas de distribución, entre otros. Esto ayuda a combinar datos de diferentes niveles de organización en la identificación de especies (Miller *et al.*, 2014).

La Ciberdiversidad también fomenta el uso de métodos de recolecta rápidos y estandarizados que permiten las comparaciones ecológicas entre ecosistemas (Coddington *et al.*, 1991) y la utilización de algoritmos para la estimación de riqueza de especies y comparaciones entre áreas (Colwell y Coddington, 1994; Colwell, 2011; Colwell *et al.*, 2012).

Todo esto ayuda a reducir significativamente el tiempo para describir especies nuevas con la meta última de acumular suficientes datos para modelar patrones significativos de diversidad regional, continental e incluso global (Miller *et al.*, 2014).

## 1.1 El Orden Pseudoscorpiones 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. Su color va desde amarillo claro, marrón, rojizo a negro. 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 distribuidas en 26 familias y 454 géneros (Harvey, 2013a); sin embargo, se calcula que existen hasta 5,000 especies en todo el mundo (Coddington *et al.*, 2004). La Familia más diversa es Chernetidae con 663 especies y 117 géneros (Harvey, 2013a). El fósil más antiguo corresponde a *Dracocheila deprehendor* Schawaller, Shear y Bonamo, 1991 y fue encontrada en Gilboa, Nueva York y data del periodo Devónico, hace 395 millones de años (Judson, 2012)

### Historia taxonómica del Orden Pseudoscorpiones

La primera mención de los pseudoescorpiones en la literatura fue hecha por Aristóteles (1811) en su obra *De animalibus historiae*, donde los describe como “pequeños escorpiones de libros”. Posteriormente, Linneo describió 31 especies de ácaros, de las cuales dos: *Acarus cancroides* y *A. scorpioides* eran pseudoescorpiones. En la misma publicación los transfirió al género *Phalangium*. Posteriormente fue 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 de Pseudoscorpionida.

Hermann (1804) fue el primer autor en proporcionar una cuenta sistemática de las especies del Orden, describió seis especies y las dividió en dos grupos según la forma de la sérrula externa del quelícero (grupos llamados posteriormente como: Panctenodactyli y Hemictenodactyli respectivamente). 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 el autor del nombre ordinal del grupo. Carl L. Koch describió 26 especies en cuatro géneros en su trabajo “Die Arachniden” en 1843. Tamerlane Thorell fue el siguiente en hacer una contribución importante a esta clasificación del Orden y lo llamó Chelonethi (Thorell, 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 con tres subfamilias: Cheliferinae, Garypinae y Obisiinae. 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. Por otro lado, Hansen en 1893 retoma esta clasificación con un mejor entendimiento de las homologías dentro del Orden y confiere a las estructuras del quelícero una menor importancia. En los siguientes 100 años, sólo cinco géneros más fueron nombrados. 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 y seis superfamilias: Heterosphyronida (que incluía a Chthonioidea), Diplosphyronida (que incluía a Neobisioidea y Garypoidea) y Monosphyronida (que incluía a Feaelloidea, Cheiridioidea y Cheliferoidea) (Cuadro 1), y traslada las especies de *Chelifer* a otros géneros. Este sistema abarcaba 18 familias y 80 géneros. Poco después Beier (1932a, b) adopta este esquema de relación a su clasificación cambiando los nombres por debajo de Orden a Chthoniinea, Neobisiinea y Cheliferiinea (Cuadro 1), incluyendo 14 familias y 160 géneros.

Otros trabajos importantes son: el listado de especies para Norteamérica con una clave para la identificación de familias y géneros (Hoff, 1958) y la clave para la identificación de familias y géneros de Norteamérica de Muchmore (1990). Sin embargo, la recopilación taxonómica más importante para este Orden es el “Catalogue of the Pseudoscorpionida” (Harvey, 1991a), que contabiliza 23 familias, 435 géneros y 3,300 especies. En 1992, el mismo autor realizó la primera filogenia con Pseudoscorpiones resultando en la monofilia de este taxón y proponiendo una 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 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). Finalmente Buddle (2010) hizo una clave de identificación para las especies de Canadá y EUA que incluye fotografías de los caracteres de importancia taxonómica y es de gran utilidad para Norteamérica.

### **Principales contribuciones a la biología del Orden Pseudoscorpiones**

Entre las principales obras sobre la biología de los pseudoescorpiones destacan: “Recherches anatomiques et biologiques sur la reproduction et le développement des Pseudoscorpions” (Vachon, 1938) y “Ordre des Pseudoscorpions” (Vachon, 1949); “Pseudoscorpions of Illinois” de Hoff (1949) que incluye indicaciones para su recolecta, preservación y montaje; el libro “Biology of Pseudoscorpions” de Weygoldt (1969) donde aborda la biología del Orden en gran detalle y “Contribution à la connaissance biologique et anatomophysiological des Pseudoscorpion” de Heurtault (1973), donde explica la historia de vida, anatomía y fisiología de *Neobisium caporiaccoi* Heurtault-Rossi, 1966.

### **Anatomía externa**

*Exoesqueleto*: su superficie puede ser lisa u ornamentada con gránulos o reticulaciones. La superficie de los esternitos, caparazón y apéndices está cubierta de sedas (Fig. 1), 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 esta estructura es relativamente gruesa e hidrofóbica, 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).

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

Familia	Chamberlin, 1931	Beier, 1932a, b	Harvey, 1992
Chthoniidae	Heterosphyronida	Chthoniinea	Epiocheirata
Tridenchthoniidae	Heterosphyronida	Chthoniinea	Epiocheirata
Lechtyiidae	-	-	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
Olpidae	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

*Prosoma*: está conformado por ocho segmentos fusionados que dorsalmente forman un caparazón o carapacho de forma variable (Fig. 2a) y por lo general presenta dos surcos transversales. Éste puede ser liso u ornamentado con tubérculos. Ventralmente el prosoma está cubierto por las coxas de los pedipalpos y las patas, por lo que los pseudoescorpiones no presentan un esternón verdadero. Aunque los miembros de Sternophoroidea poseen un pseudoesternón, mientras que los de Chthonioidea presentan un tubérculo intercoxal. 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 (Figs. 1, 2a). Sin embargo, éstos sólo les permiten diferenciar la luz de la oscuridad (Weygoldt, 1969; Muchmore, 1990). 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.

El primer par de apéndices son los quelíceros, que se localizan en el margen anterior del caparazón y son variables en tamaño (Figs. 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. En general poseen cinco o seis sedas en posición dorsal que son: 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) (Muchmore, 1990). 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 (que fungen como órganos de acicalamiento) y una galea al final del dedo móvil (Weygoldt, 1969). 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). 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.

Los pedipalpos son apéndices quelados semejantes a los de los escorpiones en estructura (Figs. 1, 3a) y son usados principalmente para capturar y matar a sus presas. Poseen seis artejos: coxa o gnatocoxa, trocánter, fémur, patela, tibia o mano con dedo fijo y tarso o dedo móvil (Harvey, 1992). 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. Además, las coxas sirven como piezas bucales accesorias (Muchmore, 1990). Todas las especies del suborden locheirata poseen glándulas de veneno en uno o ambos dedos (Fig. 4). El tejido glandular rodea 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. 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 artrópodos, se sabe que el veneno de *Paratemnoides 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).

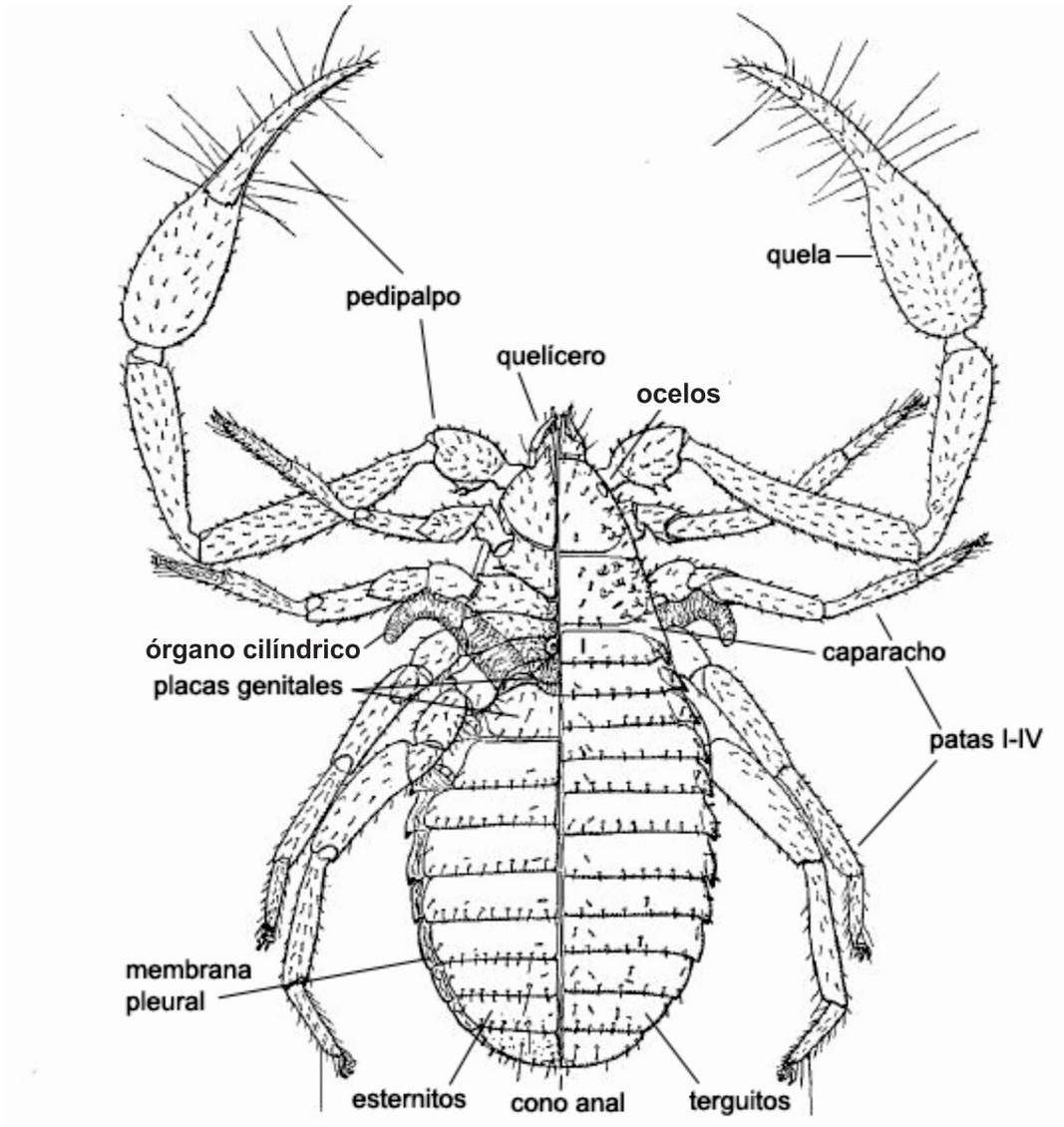


Figura 1. Vista generalizada del pseudoescorpión *Chelifer cancrivorus* (Linnaeus, 1758) (Modificado de Chamberlin, 1931).

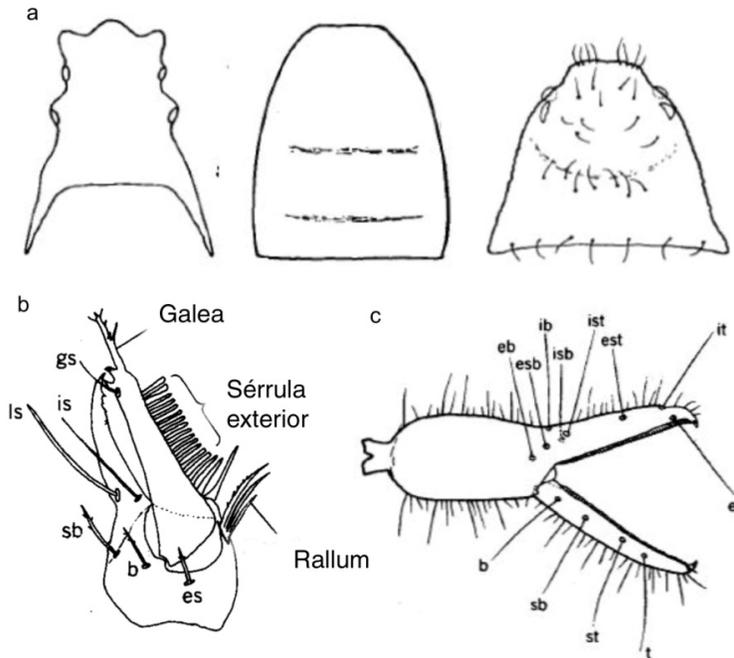


Figura 2. a) variación de las formas del caparazón de los pseudoescorpiones; b) quelícero de *Lamprochernes* sp. y c) quela del pedipalpo de *Microcreagris* sp. (Tomado de Muchmore, 1990).

Los pedipalpos también 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 (Fig. 2c). 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 (Muchmore, 1990).

Posteriormente presentan cuatro pares de apéndices locomotores o patas (Fig. 3b, c), siendo el primer y segundo par distintos en estructura y movimiento al tercer y cuarto par (Muchmore, 1990). Cada pata consta de los siguientes artejos: coxa, trocánter, fémur, patela, tibia y tarso, pudiendo el tarso estar dividido en metatarso y tarso (Harvey, 1992). Según esta división, se pueden diferenciar los grupos Heterosphyronida si los dos pares anteriores no están divididos y los posteriores si, y Homosphyronida si ninguno está dividido (Monosphyronida) o ambos lo están (Diplosphyronida). 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 (Fig. 3d) (Muchmore, 1990).

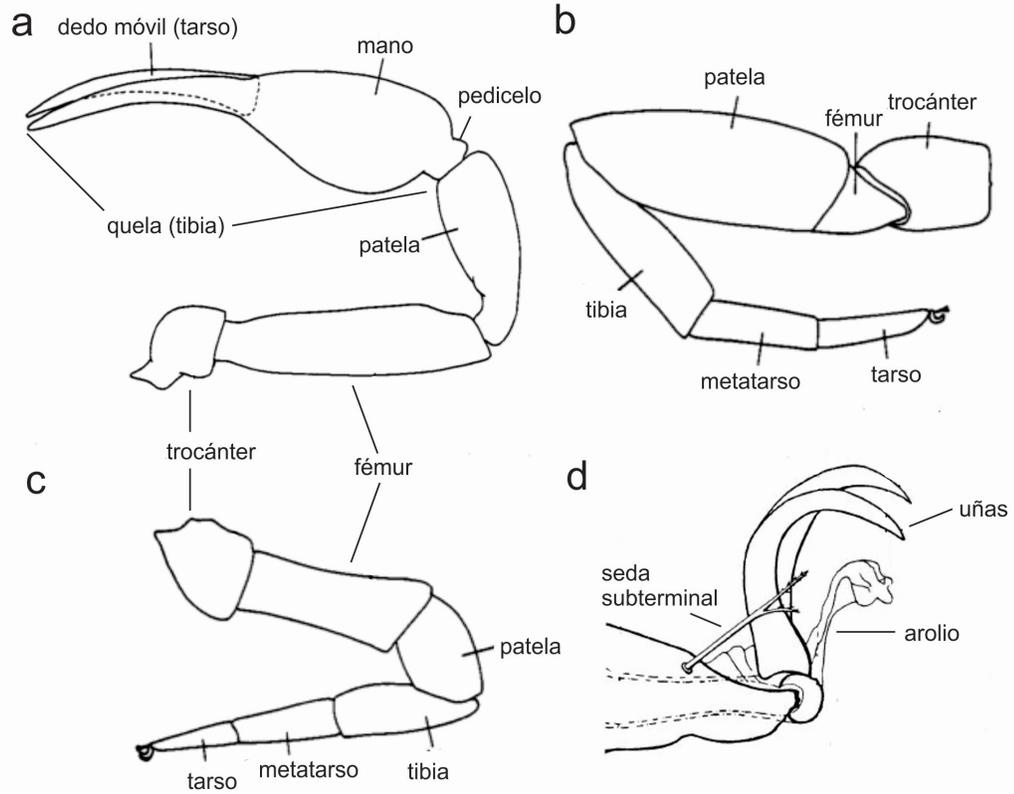


Figura 3. Vista general de los apéndices de un pseudoescorpión: a) pedipalpo, b) pata IV, c) pata I y d) detalle de tarso con arolio (Modificado de Harvey, 1992 y Vachon, 1949).

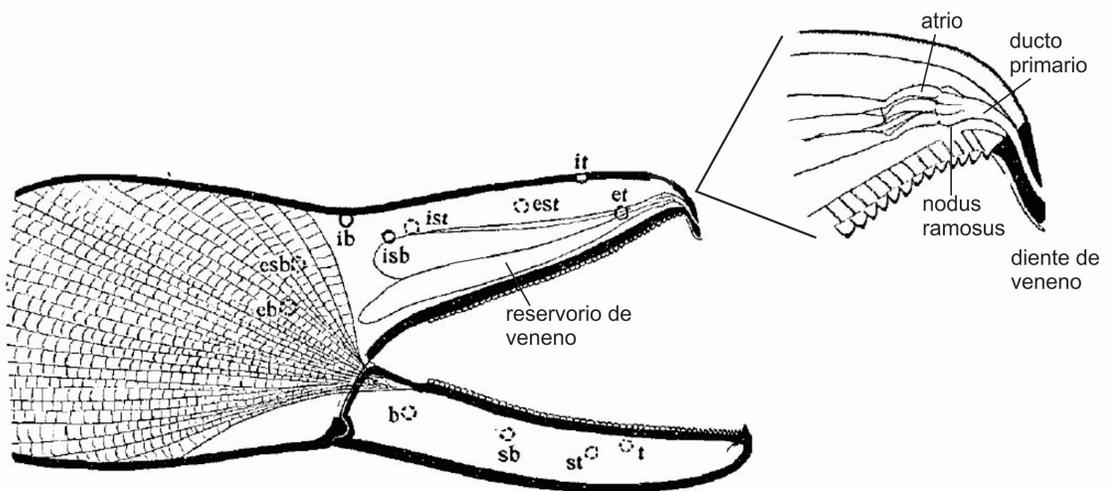


Fig. 4. Morfología de la quela y aparato de veneno de *Parobisium flexifemorum* Chamberlin, 1930 (Modificado de Chamberlin, 1931).

*Opistosoma*: está unido al prosoma a todo lo ancho, existiendo nula movilidad entre éstos (excepto en Feaellidae). Está dividido en 12 segmentos (Figs. 1 y 5). Dorsalmente presentan 11 terguitos (completos o divididos a la mitad) y ventralmente 10 esternitos (ya que el esternito I está reducido). 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 espermátforo es liberado (Weygoldt, 1969). El abdomen es muy flexible gracias a las membranas pleurales e intersegmentales que rodean a las placas del exoesqueleto (Fig. 1), 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 la notación numérica propuesta por Chamberlin (1931) con modificaciones de Harvey (1985) en la cual se enlista el número total de sedas para los terguitos I al XII y los esternitos II al XII.

### **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 alargada 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 ostióslos, según la especie (Weygoldt, 1969). 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 estigmas en los segmentos abdominales III y IV (Muchmore, 1990). Dichos estigmas se cierran por acción muscular. El intercambio gaseoso ocurre al parecer por difusión (Weygoldt, 1969).

El aparato digestivo se encuentra conformado por la boca, 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 que es un tubo que se amplía al final para formar un saco rectal, el intestino posterior esclerosado y 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, posiblemente involucradas en la excreción (Beccaloni, 2009).

Los órganos sexuales se encuentran en el opistosoma. La abertura genital está conformada por los esternitos II y III, que da a un atrio genital. En el caso de la hembra el atrio genital está dividido en cuatro divertículos, dos laterales, uno grande mediano y uno pequeño posterior ventral.

La armadura genital está conformada por los divertículos laterales y medios, los cuales presentan apodemas que proveen superficies de anclaje para los músculos y el atrio genital. Estos divertículos además se encuentran asociados a dos pares de glándulas accesorias por medio de platos cribiformes. El ovario se encuentra en posición dorso-posterior a la genitalia, seguido de dos oviductos que se unen para formar un oviducto común y entrar al divertículo medio. Las familias Chernetidae y Cheliferidae presentan espermatecas que se extienden desde el atrio, donde el esperma permanece viable por meses (Fig. 6a). El ovario produce los óvulos y éstos viajan por el oviducto hasta el atrio genital donde son fertilizados por el esperma. Después de la fertilización los embriones son transportados en un saco o bolsa incubadora unida al opérculo genital, y es soportado por pequeñas estructuras eréctiles llamadas gonopodios. En algunas especies la bolsa es formada por secreciones del ovario, y en otras por secreciones de las glándulas accesorias (Legg, 1974a). 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 sustancia nutritiva que alimenta a los embriones en desarrollo (Weygoldt, 1969).

La genitalia interna del macho es extremadamente compleja, como resultado de sus funciones en la producción de esperma y espermatozoides. El atrio genital está asociado con glándulas accesorias y apodemas dorsales y laterales que sirven para el anclaje de músculos y soporte de los divertículos. El atrio genital está separado de la región interna (el canal eyaculador del atrio y el canal eyaculador) por medio de pliegues. Los testículos son una estructura lobulada que yace ventralmente, son la fuente de esperma y de un fluido nutritivo para éste. Un par de vasos deferentes surgen de la región anterior de los testículos y están dilatados anteriormente como vesículas seminales, que desembocan a un reservorio prostático común. El reservorio prostático se invagina en el canal eyaculador del atrio, mientras que una evaginación del atrio genital forma el canal eyaculador del atrio. Asociadas con el sistema reproductor hay también varias glándulas y sacos implicados en la producción del espermatozoides (Fig. 6b). Para dicho proceso el esperma es transportado por los vasos deferentes a las vesículas seminales que actúan como almacén temporal. Antes de liberar el esperma, las glándulas posteriores dorsales secretan el pedicelo del espermatozoides. Después el esperma y el fluido seminal son eyaculados por el canal eyaculador del atrio dentro del atrio genital y es encapsulado por las secreciones de las glándulas anteriores. El esperma encapsulado es entonces depositado en el pedicelo (Fig. 8b) (Legg, 1974b). Las especies de la familia Cheliferidae presentan además los órganos cilíndricos o "ram's horn", los cuales son evaginaciones laterales del divertículo ventral posterior (Fig. 1) (Legg, 1974b; Zaragoza, 2015). Estos órganos son evertidos después de la producción del espermatozoides, probablemente para atraer a la hembra mediante la secreción de feromonas (Proctor, 1993).

### **Dimorfismo sexual**

Los pseudoescorpiones presentan diversos caracteres dimórficos. En los machos el área genital está más esclerosada que el resto del opistosoma y presenta un color oscuro, mientras que en la hembra es un área de color claro. Al igual que la mayoría de los arácnidos, los machos suelen ser de menor tamaño que las hembras. Algunas especies presentan diferencias en la forma y proporción de los pedipalpos o en la quela (Weygoldt, 1969). En el caso de la Familia Cheliferidae los machos pueden presentar modificaciones en el tarso I y en los órganos genitales, sacos coxales en el cuarto par de patas, una invaginación anterior llamada *statumen convolutum* y los órganos cilíndricos o "ram's horn" (Fig. 1) (Hoff, 1949).

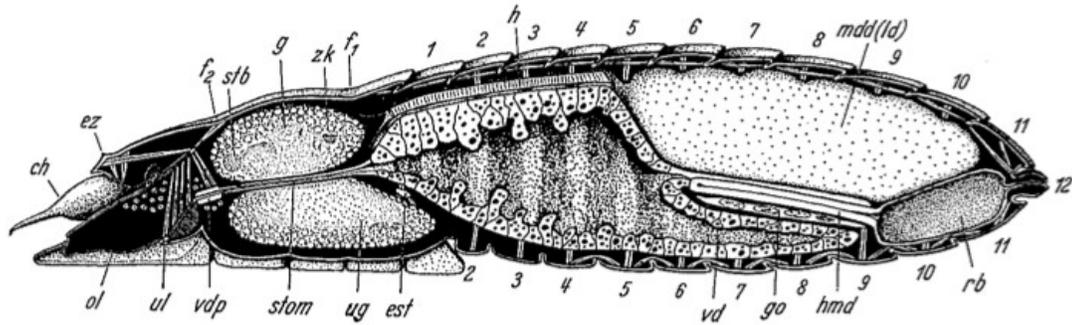


Figura 5. Anatomía interna de protoninfa de *Pselaphochernes*: (ch) quelícero, (ol) labio superior, (ez) órgano de anclaje, (ul) labio inferior, (vdp) bomba faríngea, (f<sub>1,2</sub>) surcos 1 y 2 del caparazón, (stb) puente del estomodeo, (g) ganglio supraesofágico, (stom) estomodeo, (zk) cuerpo central, (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).

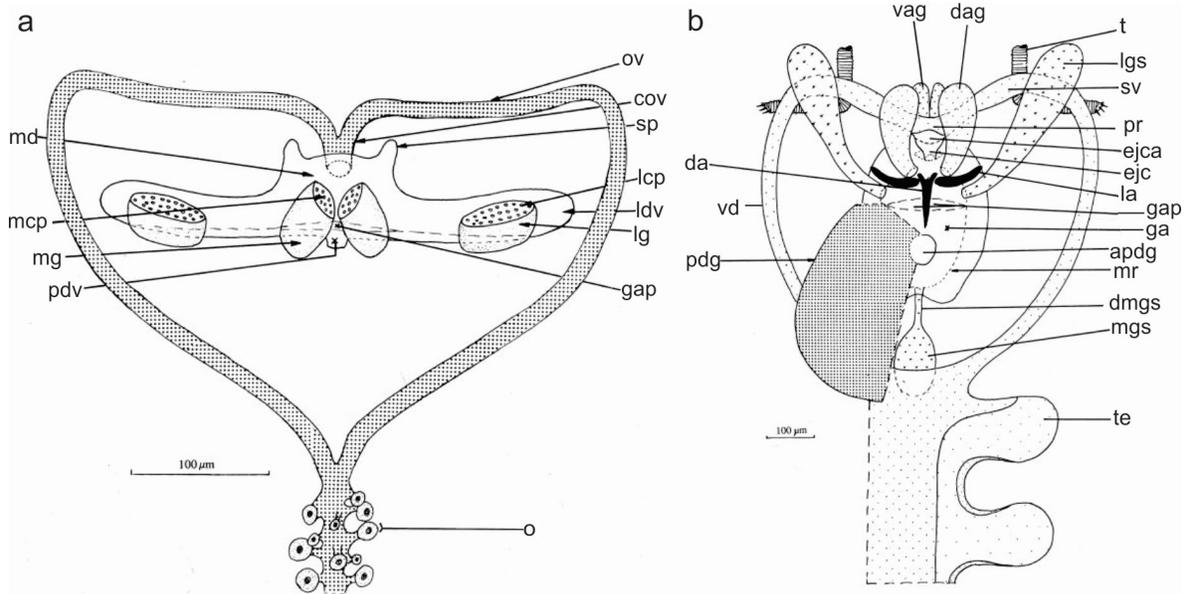


Figura 6. Vista generalizada de la genitalia de un pseudoescorpión a) hembra: (md) divertículo medio, (mcp) plato cribiforme medio, (mg) glándula media, (pdv) divertículo posterior, (ov) oviductos, (cov) oviducto común, (sp) espermateca, (lcp) plato cribiforme lateral, (ldv) divertículo lateral, (lg) glándula lateral, (gap) apertura genital, (o) ovario; b) macho: (da) apodema dorsal, (vd) vasos deferentes, (pdg) glándula dorsal posterior, (vag) glándula anterior ventral, (dag) glándula dorsal anterior, (t) tráquea, (lgs) saco genital lateral, (sv) vesícula seminal, (pr) reservorio prostático, (ejca) canal eyaculador del atrio, (ejc) canal eyaculador, (la) apodema lateral, (gap) apertura genital, (ga) atrio genital, (apdg) atrio de glándula dorsal posterior, (mr) borde medio, (dmgs) ducto del saco medio, (mgs) saco medio genital, (te) testículos (Tomado de Legg, 1974a, b).

## Ecología

Los pseudoescorpiones son animales esencialmente crípticos, ocupan prácticamente todos los hábitats terrestres, siempre y cuando existan hendiduras para ocultarse y, preferentemente, altos niveles de humedad. Entre estos hábitats se encuentran los bosques deciduos, bosques de inundación anual, afloramientos rocosos, dunas de arena, pantanos, desiertos, zonas intermareales y cuevas. De forma general las especies más pequeñas habitan en el suelo y hojarasca, mientras que las más grandes viven bajo corteza de árboles y rocas. Aunque también se les puede encontrar en la costa debajo de algas, en nidos de aves, ardillas, murciélagos, topos, termitas, e incluso en colmenas (Hoff, 1949; Weygoldt, 1969). Mientras algunas especies utilizan un amplio rango de hábitats, otras ocupan nichos muy particulares. Por ejemplo, *Microbisium brevifemorum* Ellingsen, 1903 habita únicamente en pantanos con *Sphagnum*. Adicionalmente, algunas especies como *Chelifer cancrivorus* (Linnaeus, 1758) se encuentran comúnmente asociadas a construcciones como casas, bibliotecas, graneros y gallineros. En todos estos hábitats suelen construir refugios (Fig. 7a), pequeñas cámaras cubiertas de seda, en donde mudan o hibernan (Hoff, 1949; Hoffmann, 1993).

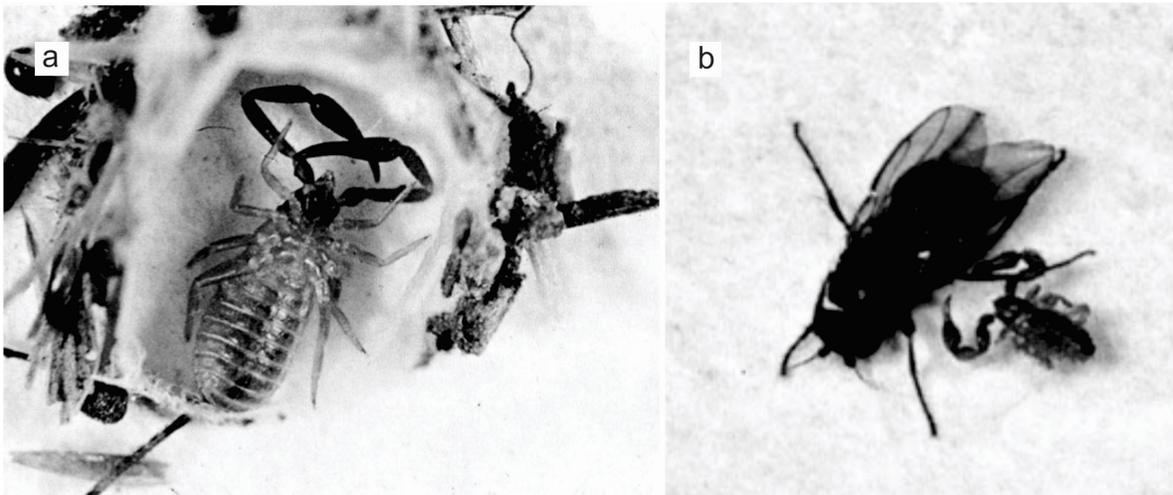


Figura 7. a) Tritoninfa de *Chelifer cancrivorus* en su nido y b) *Pselaphochernes scorpoides* Hermann, 1804 sujeto a una mosca (Tomado de Weygoldt, 1969).

Habitan principalmente en zonas tropicales y subtropicales, pero algunos se distribuyen desde zonas templadas hasta boreales. Por ejemplo, las especies del género *Neobisium* tiene una distribución circumpolar, *Neobisium jugorum* (L. Koch, 1873) se ha encontrado en los Alpes a una altitud de 2,900 msnm (Hoff, 1949; Weygoldt, 1969). Como en otros arácnidos, la altitud parece influenciar en 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 están mejor adaptadas a elevaciones con mucha humedad, mientras que otras más grandes y esclerosadas pueden habitar lugares semi-áridos a menor altitud (Hoff, 1959).

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). El comportamiento de caza y alimentación varía dependiendo de la morfología de los quelíceros y presencia de glándulas de veneno. De forma general, 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 y Neobisiidae maceran 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 Oplidae y Garypidae 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 opistosoma se puede dilatar como resultado del almacenaje de lípidos y glicógeno en divertículos gástricos, por lo que puede permanecer semanas o meses sin alimento (Beccaloni, 2009).

Algunos pseudoescorpiones son foréticos, es decir, presentan una asociación temporal con otro animal más grande o huésped que utilizan como medio de transporte, sin que haya una interacción metabólica entre ambos. Los huéspedes más comunes son dípteros (Fig. 7b), lepidópteros, coleópteros y mamíferos (Hoffmann, 1993; Poinar *et al.*, 1998). Este comportamiento se puede observar en algunos miembros de Tridenchthoniidae, Lechtyiidae, Syarinidae, Geogarypidae, Larcidae, Sternophoridae, Cheiridiidae, Garypinidae y Cheliferoidea (Judson, 2005). Presentan comportamientos interesantes, los machos de *Cordylochernes scorpioides* L. 1758 trepan por debajo de los élitros del cerambícido *Acrocinus longimanus* L. 1758 usando a este escarabajo para dispersarse y 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 (Villegas-Guzmán, 2004) y Passalidae (Reyes-Castillo y Hendrichs, 1975). Adicionalmente, *Lustrochernes minor* Chamberlin, 1938 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*. Ocho de estas 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 foronte de ratas en Indonesia (Muchmore, 1972a).

Otro comportamiento interesante es el que presentan las especies sociales. Aunque la socialidad es poco común en los arácnidos, este fenómeno se ha reportado para miembros de Atemnidae. Este es el caso de *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888) que vive generalmente bajo troncos de árboles en colonias de hasta 175 individuos. Estos pseudoescorpiones cooperan

en la captura de presas, presentan cuidado parental elaborado e incluso matrifagia. La foresia parece ser su principal medio de dispersión (Tizo-Pedroso y Del-Claro, 2005, 2007).

### **Historia de vida**

La transferencia espermática es indirecta, se lleva a cabo mediante un espermátforo (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, por ejemplo, en la mayoría de las familias (Chthoniidae, Tridenchthoniidae, Pseudogarypidae, Neobisiidae, Garypidae, Larcidae, Geogarypidae, Olpiidae y Cheiridiidae) el macho deposita varios espermátforos sin que exista una hembra presente, destruyendo periódicamente los viejos. En contraste, los machos de *Serianus* (Garypinidae), 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. Por otra parte, miembros de Atemnidae, Cheliferidae, Chernetidae y Withiidae realizan un cortejo elaborado (Fig. 8a) donde el macho constantemente sujeta a la hembra con sus pedipalpos y la guía al espermátforo (Hoffmann, 1993; Harvey, 2013b).

Una vez fertilizada, la hembra deposita los huevos en la bolsa incubadora unida a la abertura genital (Fig. 8c). En algunos casos las hembras hibernan en una cámara de seda durante la ovoposición y desarrollo de las crías (Hoffmann, 1993), mientras que otras permanecen en vida libre (Gabbutt, 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 antes mencionadas. Este líquido pasa a 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 (Hoffmann, 1993; Muchmore, 1990). Se ha visto que en algunas especies, las protoninfas permanecen con la madre hasta el siguiente estadio (Gabbutt, 1969). El adulto ya no muda y puede vivir desde seis meses hasta tres años (Hoff, 1949; Hoffmann, 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).

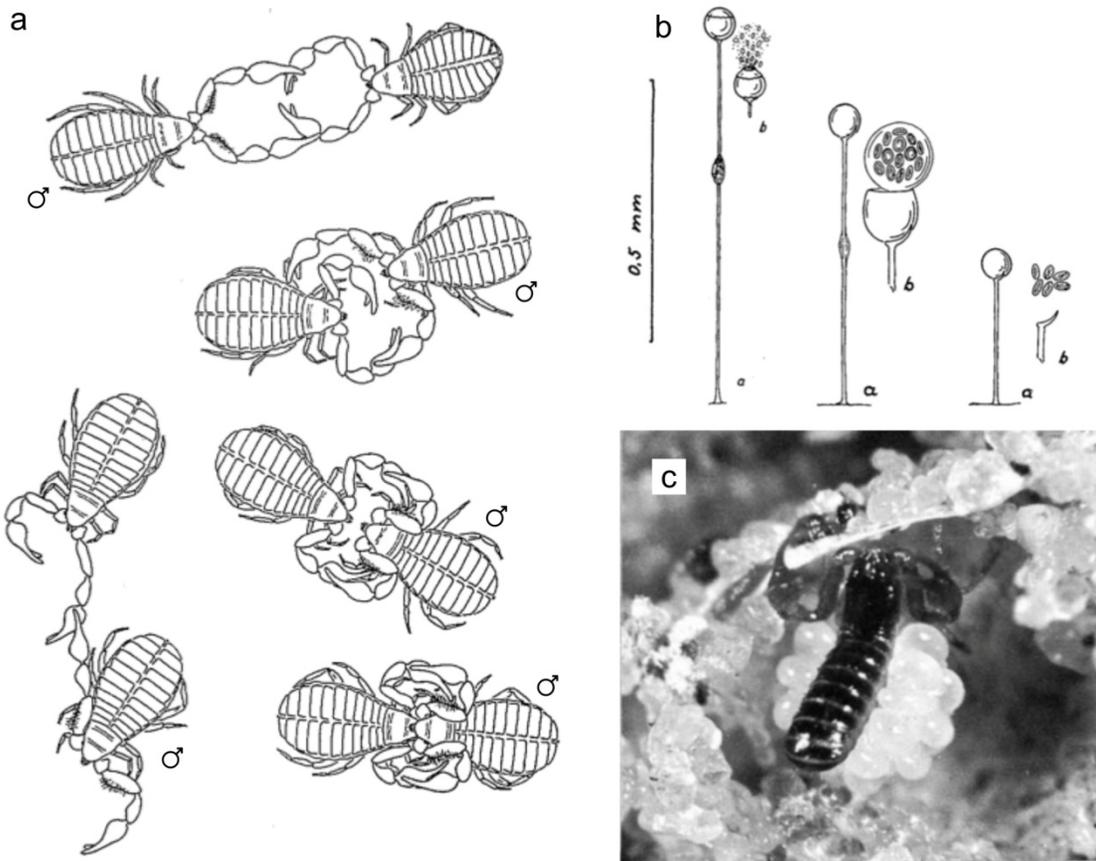


Figura 8. a) Algunas fases de la "danza nupcial" de *Lasiochernes pilosus* Ellingsen, 1910. b) de izquierda a derecha espermatóforos de *Larca granulata* Banks, 1891, *Cheiridium museorum* y *Apocheiridium ferum* Simon, 1879, c) hembra de *Neobisium carcinoides* Hermann, 1804 con huevos en su bolsa incubadora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

## 1.2 Clasificación y Sistemática del Orden Pseudoscorpiones

El Orden Pseudoscorpiones representa uno de los 11 clados dentro de la Clase Arachnida. 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 artejos, dedo móvil del quelícero con una seda submedial o subdistal (raramente tres o cuatro), pérdida de los ocelos medios, quelícero con rillum, 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 Arachnida es uno de los mayores retos de la sistemática de los artrópodos. Por muchos años se consideró al Orden Solifugae como el grupo hermano de los pseudoescorpiones, formando el clado Haplocnemata (Fig. 9) y soportado por las siguientes sinapomorfías: la patela y fémur de la misma longitud, los quelíceros constan de dos artejos, los estigmas traqueales están pareados en los escleritos III y IV del opistosoma y el apotele de cada pata con un pulvilo o arolio (Shultz, 2007; Harvey, 2013b).

Otros autores han rechazado esta hipótesis con base en la morfología de las células espermáticas. Según dicha morfología los arácnidos se pueden clasificar en tres categorías: con espermatozoides flagelados-filiformes (Escorpiones), flagelados-enrollados (Pseudoscorpiones, Uropygi-Thelyphonida, Amblypygi, Araneae, Ricinulei, Schizomida) y sin flagelo (Opiliones, Palpigradi, Solifugae, Acari) (Alberti y Palacios-Vargas, 1987). El espermatozoide con un flagelo enrollado como el de los pseudoescorpiones se ha propuesto como un estado de carácter más plesiomórfico (y claramente distinto) que el espermatozoide sin flagelo como en el caso de los solífugos (Alberti y Peretti, 2002). Sin tomar en cuenta el enrollamiento del flagelo de las espermáticas al final de la espermiogénesis (proceso compartido con uropígidos, ambliopígidos, arañas y ricinúlidos) los espermatozoides de los pseudoescorpiones serían más similares a los de los escorpiones. Además las células espermáticas en estos dos grupos presentan mitocondrias altamente modificadas y retención del túnel flagelar (Alberti, 2000). Por otra parte, según la morfología de este tipo celular y la organización del tejido de los testículos, los solífugos estarían más cercanos filogenéticamente a los ácaros actinotríquidos (Alberti y Peretti, 2002; Klann *et al.*, 2009).

Además de esto, gracias a avances recientes en genética del desarrollo, el número de artejos de los quelíceros se ha encontrado como un carácter homoplásico, por lo que ha sido descartado 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 un estudio filogenómico lo propone como grupo hermano del clado Acariformes, y éstos a su vez como grupo hermano de los demás Euchelicerata. Sin embargo, la relación cercana de Pseudoscorpiones y Acariformes podría ser un artefacto del fenómeno de atracción de ramas largas, debido a que ambos presentan tasas de evolución molecular muy altas. Adicionalmente se propone la relación (Escorpiones+Pseudoscorpiones)+Tetrapulmonata (Sharma *et al.*, 2014).

En cuanto a las relaciones dentro del Orden existen pocos estudios filogenéticos. Harvey (1992) propone una de las primeras filogenias, 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 e locheirata. El primero se caracteriza por la ausencia del aparato de veneno; contiene dos superfamilias: Chthonioidea con tres familias y Feaelloidea 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 con la superfamilia Neobisioidea (con siete familias) y al infraorden Panctenata con las superfamilias Sternophoroidea (con una familia), Cheliferoidea (con cuatro familias), Olpioidea (con dos familias) y Garypoidea (con cinco familias) (Harvey, 1992) (Cuadro 1). Desde entonces, se han propuesto pocas modificaciones a esta clasificación: Proctor (1993) sugiere a Chernetidae y Cheliferidae como grupos hermanos, Judson separa Pseudotyranochthoniidae de Chthoniidae (Judson, 1993), posteriormente separa Garypinidae de Olpidae (Judson, 2005) y revalida Cheiridioidea para Cheiridiidae y Pseudochiridiidae, colocándolo como grupo hermano de Cheliferoidea (Judson; 2000, 2007). Muriene *et al.* (2008) presentan el primer análisis filogenético utilizando tres marcadores moleculares (18S rRNA, 28S rRNA y COI), confirmando la mayoría de las modificaciones propuestas (Fig. 11).

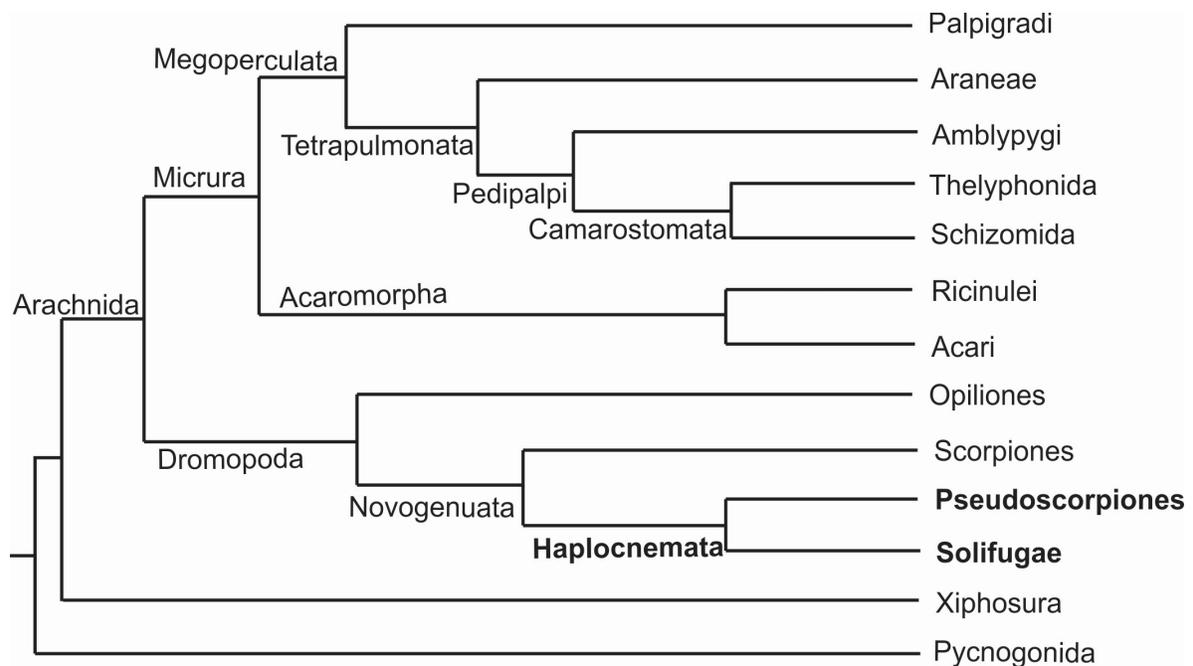


Figura 9. Filogenia de arácnidos basada en el análisis morfológico de Shultz (Modificado de Shultz, 1990).

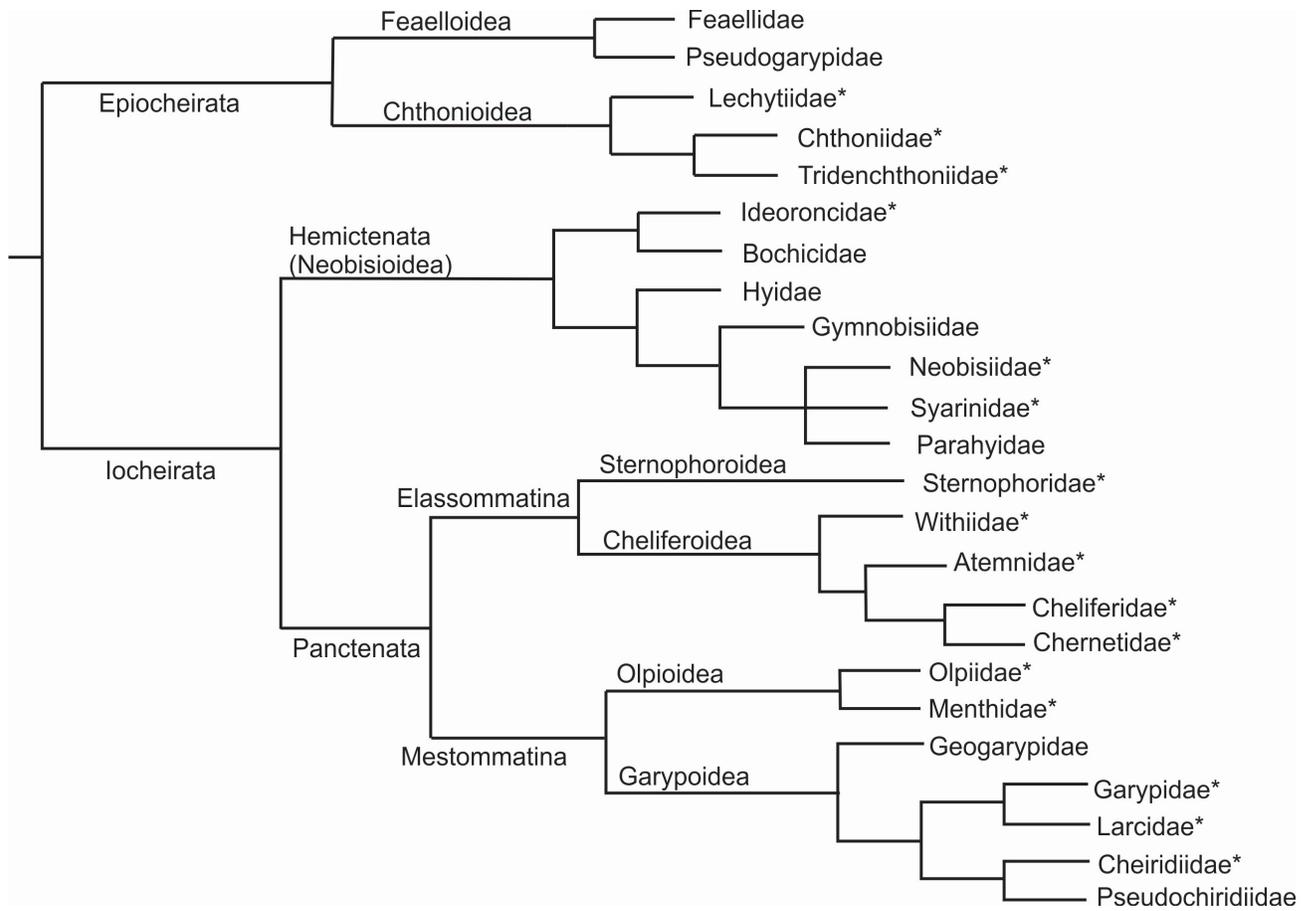


Figura 10. Filogenia del Orden Pseudoscorpiones propuesta por Harvey. Las familias marcadas con un asterisco están registradas para México (Modificado de Harvey, 1992).

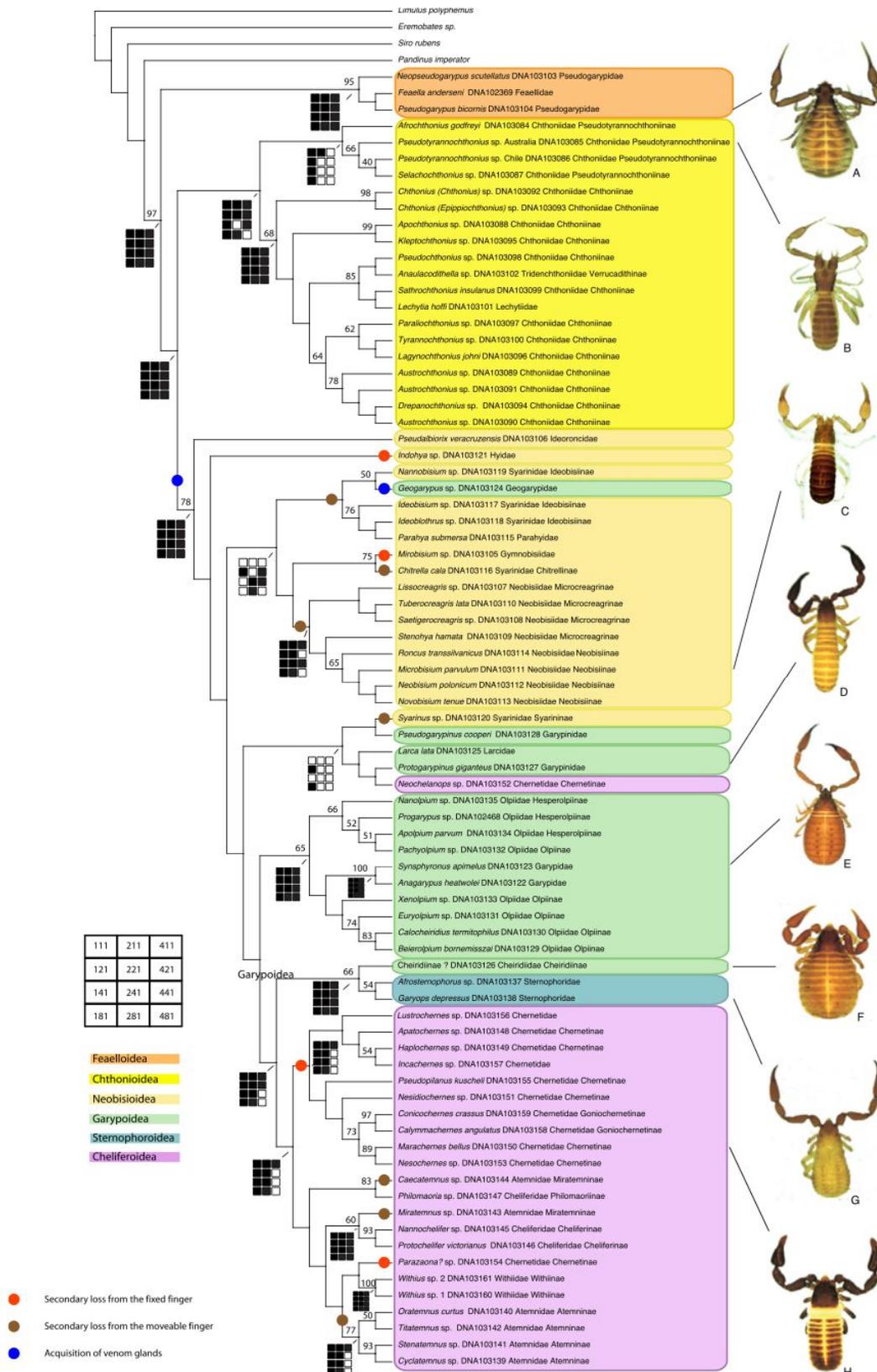


Figura 11. Primera filogenia molecular para el Orden Pseudoscorpiones propuesta por Muriene *et al.* (2008).

## 2. Objetivos

General:

- Contribuir al estudio de la diversidad del Orden Pseudoscorpiones en una selva alta perennifolia de la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas y compartir esta información con herramientas de la diversidad cibernética.

Particulares:

- 1) Separar e identificar los ejemplares recolectados.
- 2) Utilizar marcadores moleculares (COI) para someter a prueba la identidad de las morfoespecies y la correspondencia de ambos sexos.
- 3) Estimar la riqueza total de pseudoescorpiones recolectados en una hectárea de selva alta perennifolia.
- 4) Analizar la variación estacional en la composición de especies.
- 5) Proporcionar una clave de determinación y descripción de las especies recolectadas.
- 6) Documentar las morfoespecies recolectadas con imágenes digitales estandarizadas y hacerlas disponibles en la página [www.unamfcaracnolab.com](http://www.unamfcaracnolab.com).

### 3. Antecedentes

#### 3.1. El Orden Pseudoscorpiones 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), Beier (1932a,b; 1933, 1956, 1963) y Hoff (1944, 1945, 1946). En 1969 Muchmore comenzó con el estudio de especies mexicanas, con 55 especies descritas es el investigador con mayor producción para la fauna de México. Otros investigadores como Lee (1979) y 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; Hentschel (1979), quien estudió la biología del género *Dinocheirus*; Mejía y Guerrero (1993) añadieron nuevos registros para Jalisco; Vázquez-Rojas *et al.* (1996, 1999), Del Castillo (1996) 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; adicionalmente otros trabajos de Villegas-Guzmán *et al.* (2000), Villegas-Guzmán y Pérez (2005a, 2005b), Villegas-Guzmán (2006a,b), Francke y Villegas-Guzmán (2006), Villegas-Guzmán y Córdova-Tabares (2016) y Villegas-Guzmán *et al.*, (2016) ampliaron los registros de especies para el país, incluyendo organismos cavernícolas y asociados con roedores y coleópteros.

El primer inventario faunístico sistematizado específico para el Orden es el realizado por Piedra-Jiménez *et al.* (en prensa) en bosques de *Quercus* cercanos al Parque Nacional Pico de Orizaba, Veracruz. En este trabajo se describe un nuevo género, dos nuevas especies y dos nuevos registros para el estado de Veracruz.

Actualmente, en México se tienen registradas 171 especies de pseudoescorpiones distribuidas en 67 géneros y 18 familias: Atemnidae, Bochicidae, Cheiridiidae, Cheliferidae, Chernetidae, Chthoniidae, Garypidae, Garypinidae, Ideoroncidae, Larcidae, Lechytiidae, Menthidae, Neobisiidae, Olpiidae, Sternophoridae, Syarinidae, Tridenchthoniidae y Withiidae (Harvey, 2013b, Harvey y Muchmore, 2013; Villegas-Guzmán, 2015; Piedra-Jiménez *et al.*, en prensa.). Específicamente para el estado de Veracruz se tienen registradas ocho familias, 18 géneros y 25 especies (Cuadro 2).

Cuadro 2. Listado de las especies de pseudoescorpiones registradas para Veracruz, México de acuerdo con Ceballos (2004) y Piedra-Jiménez *et al.*, en prensa.

Superfamilia	Familia	Especie
Cheliferoidea	Chernetidae	<i>Chelodamus mexicanus</i> Beier, 1932
		<i>C. mexicolens</i> Chamberlin, 1925
		<i>Cordylochernes fallax</i> Beier, 1933
		<i>C. perproximus</i> Beier, 1933
		<i>C. scorioides</i> L., 1758
		<i>Dinochernes vanduzeei</i> Chamberlin, 1923
		<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
		<i>Atotochernes breviductus</i> Piedra-Jiménez et Alvarez-Padilla, en prensa
		Cheliferidae
<i>Mexichelifer reddelli</i> Muchmore, 1973		
Atemnidae	<i>Paratemnoides nidificator</i> Balzan, 1888	
Chthonioidea	Chthoniidae	<i>Tyrannochthonius tlilapanensis</i> Muchmore, 1986
		<i>T. volcancillo</i> Muchmore, 1986
		<i>Mundochthonius mexicanus</i> Muchmore, 1973
	Tridenchthoniidae	<i>Tridenchthonius mexicanus</i> Chamberlin et Chamberlin, 1945
Neobisioidea	Bochicidae	<i>Mexobisium paradoxum</i> Muchmore, 1972
	Ideoroncidae	<i>Pseudoalbiorix veracruzensis</i> Hoff, 1945
		<i>Typhloroncus diabolus</i> Muchmore, 1982
Garypoidea	Garypinidae	<i>Serianus orizabensis</i> Piedra-Jiménez et González-Santillán, en prensa

Es importante mencionar que se han realizado estudios sistematizados de otros microartrópodos del suelo en los cuales se ha reportado la presencia de pseudoescorpiones. Por ejemplo, Palacios-Vargas *et al.* (2007) realizaron muestreos mensuales durante un año en un bosque tropical caducifolio en la Estación de Biología de Chamela (Jalisco). En este proyecto encontraron 96,338 ejemplares pertenecientes a 33 taxa. Los grupos dominantes fueron Acari y Collembola, representando el 96.2% de los ejemplares, mientras que los pseudoescorpiones fueron el 0.3%. También compararon la composición, densidad y variación estacional de la fauna del suelo y de la hojarasca y analizaron la relación entre la densidad de artrópodos y la precipitación, temperatura y caída de hojarasca.

Posteriormente García-Gómez *et al.*, (2014) realizaron un estudio de la fauna de artrópodos en manglares en el Parque Nacional de Arrecifes en la Isla de Cozumel (Quintana Roo). Su

metodología consistió en cuatro periodos de colecta en temporada de secas y de lluvias, comparando dos lagunas dominadas por distintas especies de mangle (*Rhizophora mangle* L. y *Avicennia nitida* Jacq.). Recolectaron 90,680 ejemplares pertenecientes a 30 taxa. El más abundante fue Oribatida representando el 61.8% de la colecta, mientras que los pseudoescorpiones fueron el 0.32%. Los autores también analizaron la variación espacial y temporal de la diversidad de artrópodos.

En el mismo año, Razo-González *et al.* (2014) estudiaron la estructura de la comunidad de artrópodos de suelo asociados a *Pittocaulon (Senecio) praecox* (Cav.) H. Rob. & Brettell en dos sitios con diferente cobertura vegetal (abierta y cerrada) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Angel (REPSA, Ciudad de México). Realizaron muestreos mensuales por un año y recolectaron 101,483 ejemplares pertenecientes a 28 taxa y 191 morfoespecies. Los grupos más abundantes fueron Cryptostigmata y Prostigmata con cambios estacionales en la dominancia. En cuanto a los pseudoescorpiones encontraron 3 especies y 75 individuos por metro cuadrado en la vegetación abierta y 3 especies y 54 individuos por metro cuadrado en la vegetación cerrada. También estudiaron la variación estacional en la estructura de la comunidad de artrópodos y analizaron su relación con variables del suelo.

Callejas-Chavero *et al.* (2015) realizaron otro estudio en la REPSA con métodos de colecta similares. En el suelo se encontraron 131,593 ejemplares pertenecientes a 14 Órdenes y 146 morfoespecies. Los taxa con mayor riqueza fueron Collembola y Acari, mientras que los pseudoescorpiones estuvieron representados por 242 ejemplares (0.1%). Estos autores examinaron las interacciones entre la comunidad de microartropodos del suelo y otros niveles tróficos. Para esto analizaron la relación entre la diversidad de artrópodos, la productividad y calidad del follaje de *Pittocaulon (Senecio) praecox*, así como la diversidad y tamaño de los herbívoros asociados a este arbusto y sus principales depredadores.

Cabe mencionar que se han realizado estudios faunísticos sistematizados para otros arácnidos. En el caso del Orden Araneae se encuentran los trabajos de Silva y Coddington (1996), Alvarez-Padilla (1999), Santos-González (2001, 2005), Medina-Soriano (2005), Ibarra-Núñez *et al.* (2011) y Rivera-Quiroz *et al.* (2016). También destacan los estudios de González-Santillán (2004) para Scorpiones y Pinto-da-Rocha y Bonaldo (2006) para Opiliones.

### **3.2. Área de estudio**

#### **Sierra de Los Tuxtlas**

La Sierra de los Tuxtlas se ubica en la planicie costera del Golfo de México al sur del estado de Veracruz, constituyendo la extensión más oriental del Eje Volcánico Transversal, aunque se encuentra relativamente aislada de otros sistemas montañosos. Su gradiente altitudinal va desde el nivel del mar hasta 1,680 m de altitud en los volcanes San Martín Tuxtla y Santa Marta (González-Soriano *et al.*, 1997; Guevara *et al.*, 2004). La sierra es parte del Neotrópico, en la región Caribeña y en la provincia florística del Golfo de México (Rzedowski, 2006).

El clima en la región de Los Tuxtlas se encuentra fuertemente influenciado por su orografía, lo que da como consecuencia un gradiente altitudinal, térmico y de humedad. Se pueden

diferenciar tres subgrupos del clima cálido (temperatura media anual mayor a 22 °C y media del mes más frío superior a 28 °C) y uno del semicálido (media anual mayor a 18 °C) (CONANP, 2006). Es una de las regiones más lluviosas de México, presentando una precipitación media que supera los 4,000 mm anuales. El régimen de lluvias es marcadamente estacional, con una época húmeda de junio a febrero y una seca entre marzo y mayo. El mes más seco generalmente es mayo y los más lluviosos van desde julio hasta noviembre. Además presenta un complejo sistema hidrológico debido al relieve montañoso, siendo los cuerpos de agua más grandes el lago de Catemaco y la laguna costera de Sontecomapan (Guevara *et al.*, 2004). Se pueden distinguir nueve tipos de vegetación: selva alta perennifolia, selva mediana perennifolia, selva baja perennifolia inundable, bosque mesófilo de montaña, encinar, pinar, sabana, manglar y dunas costeras. Además de sitios perturbados abandonados (acahuales) y pastizales que pueden estar asociados a áreas de cultivo (Guevara *et al.*, 2004; CONANP, 2006).

La selva alta perennifolia es el tipo de vegetación típico de las tierras bajas de la región. Se le encuentra desde el nivel del mar hasta 700 m de altitud, aunque puede alcanzar los 1,000 m en algunas cañadas. Crece en suelos litosoles rojos arcillosos, litosoles de derrames lávicos, regosoles de cenizas volcánicas y aluviales (Guevara *et al.*, 2004).

Esta selva es una comunidad rica en especies vegetales, se pueden encontrar 943 especies, representando 545 géneros y 137 familias (Ibarra-Manríquez y Sinaca, 1995). Este tipo de vegetación es muy compleja estructuralmente con una notable variedad de formas de vida: árboles, lianas, trepadoras herbáceas, hemiepífitas, epífitas, palmas, arbustos, hierbas umbrófilas y árboles estranguladores (Guevara *et al.*, 2004).

El dosel está formado por árboles de más de 30 m de altura y hasta 2 m de diámetro, comúnmente con contrafuertes. Estos árboles pertenecen a más de 100 especies con densidades menores a dos individuos por hectárea, lo que resulta en una considerable heterogeneidad en la composición florística. Entre las especies arbóreas del dosel destacan leguminosas y lauráceas; por debajo de éste dominan las euforbiáceas, leguminosas y lauráceas; en el sotobosque abundan las palmas especialmente *Astrocaryum mexicanum* Liebm., y en menor proporción las rubiáceas. Otras formas biológicas abundantes son las lianas (bejucos), epífitas y hemiepífitas (Guevara *et al.*, 2004; Pennington y Sarukhán, 1998). Asimismo, esta selva está caracterizada por una baja densidad (2,976 individuos por hectárea con DAP mayor a 1.0 cm) (Bongers *et al.*, 1988).

Históricamente, las regiones tropicales de México han sufrido cambios drásticos en sus condiciones climáticas durante el Pleistoceno tardío y Holoceno (hace 40,000 años). Durante este periodo se presentaron cambios en temperatura y precipitación, así como fluctuaciones en el nivel del mar. Debido a que el bosque tropical se encuentra fuertemente delimitado por las condiciones de temperatura y humedad, éste debió haber sido interrumpido y eventualmente reducido y desplazado a latitudes menores. Algunas de estas regiones han sido identificadas como posibles refugios primarios (zonas que protegen a las especies de cambios en la temperatura y precipitación) o secundarios (las protegen sólo de uno de estos factores) durante estas fluctuaciones climáticas. La Sierra de Los Tuxtlas ha sido propuesta como posible refugio secundario debido a su régimen de lluvias y a su composición de especies (Toledo, 1979). Esto convierte a Los Tuxtlas en una región importante para entender el patrón de vegetación actual de las regiones tropicales de México.

En cuanto a la historia de ocupación humana en la región, se sabe que ésta comenzó hace al menos 6,000 años con la cultura Olmeca, debido a la alta productividad de los suelos de origen volcánico y a la compleja red hidrológica. Desde entonces, las actividades humanas de la región se reflejan en el intenso uso de la tierra y en la dramática alteración de los ecosistemas naturales con apenas algunos remanentes aislados de lo que fue un continuo de selva (Guevara *et al.*, 2004).

Un estudio a largo plazo en esta zona muestra como las perturbaciones humanas han afectado la estructura, dinámica y funcionamiento del bosque tropical. En específico, sugiere que el efecto sinérgico de la fragmentación y defaunación ha estimulado la explosión demográfica de la palma *Astrocaryum mexicanum* que a su vez produce reducciones en la biodiversidad y cambios en algunas propiedades de los ecosistemas (Martínez-Ramos *et al.*, 2016).

De todos los tipos de vegetación presentes, la selva alta perennifolia es el más afectado por la deforestación. Con base en las características edáficas, climáticas y en los remanentes actuales, una estimación conservadora de la superficie original es de aproximadamente 210,000 ha. En 1991 solo existían 11,000 ha de selva repartidas en 60 fragmentos, es decir, alrededor del 5% de su cobertura original (Guevara *et al.*, 2004).

### **Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas**

La Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas fue declarada como área natural protegida en noviembre de 1998. Esta reserva tiene 155,122 hectáreas divididas en tres zonas núcleo (29,720 ha) rodeadas de una zona de amortiguamiento (125,401 ha). Las zonas núcleo corresponden a los volcanes de San Martín Tuxtla, Santa Marta y San Martín Pajapan e incluyen la vegetación mejor conservada de la sierra (Guevara *et al.*, 2004).

### **Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas**

Los esfuerzos de conservación de Los Tuxtlas por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) comienzan en 1967, cuando la primera parte del área de la Estación fue adquirida por un grupo de investigadores del Jardín Botánico del Instituto de Biología. Sin embargo, no fue sino hasta 1968 que la Estación comenzó a ofrecer sus servicios como centro de investigación, enseñanza y difusión. Finalmente, en el año de 1996, se crea la Estación de Biología Tropical de Los Tuxtlas (EBITROLOTU) (González-Soriano *et al.*, 1997).

La Estación se encuentra en la zona núcleo del volcán San Martín Tuxtla entre los 95° 04' y 95° 09' de longitud oeste y los 18° 34' y los 18° 36' de latitud norte y posee una extensión de 700 ha (Lot-Helgueras, 1976) (Fig. 12). La vegetación original de las áreas cercanas a la Estación es la selva alta perennifolia, aunque existen muchos subtipos relacionados con las variaciones del suelo, de la topografía y del microclima (González-Soriano *et al.*, 1997). El clima es de tipo Af(m)w<sup>(i)</sup>g, que es el más húmedo de los cálidos húmedos, con una concentración de la precipitación en los meses de verano y con un porcentaje de lluvia invernal menor de 18%. La precipitación promedio anual es de 4,725.2 mm y la del mes más seco es mayor de 60 mm. Las temperaturas máxima, media y mínima alcanzan valores de 32.18, 24.3 y 16.4°C, respectivamente, con una oscilación media de seis grados centígrados (Ibarra-Manríquez y Sinaca, 1987).

A partir de su creación, un gran número de investigadores han generado más de 200 trabajos donde se describen alrededor de 2,697 spp de plantas y 2,096 de animales. Esta gran

cantidad de información hace de la Estación de Los Tuxtlas uno de los seis sitios neotropicales más estudiados en Latinoamérica y de los mejor conocidos en México (González-Soriano *et al.*, 1997). Cabe mencionar que para arácnidos existen algunos trabajos ecológicos, pero ningún inventario faunístico.

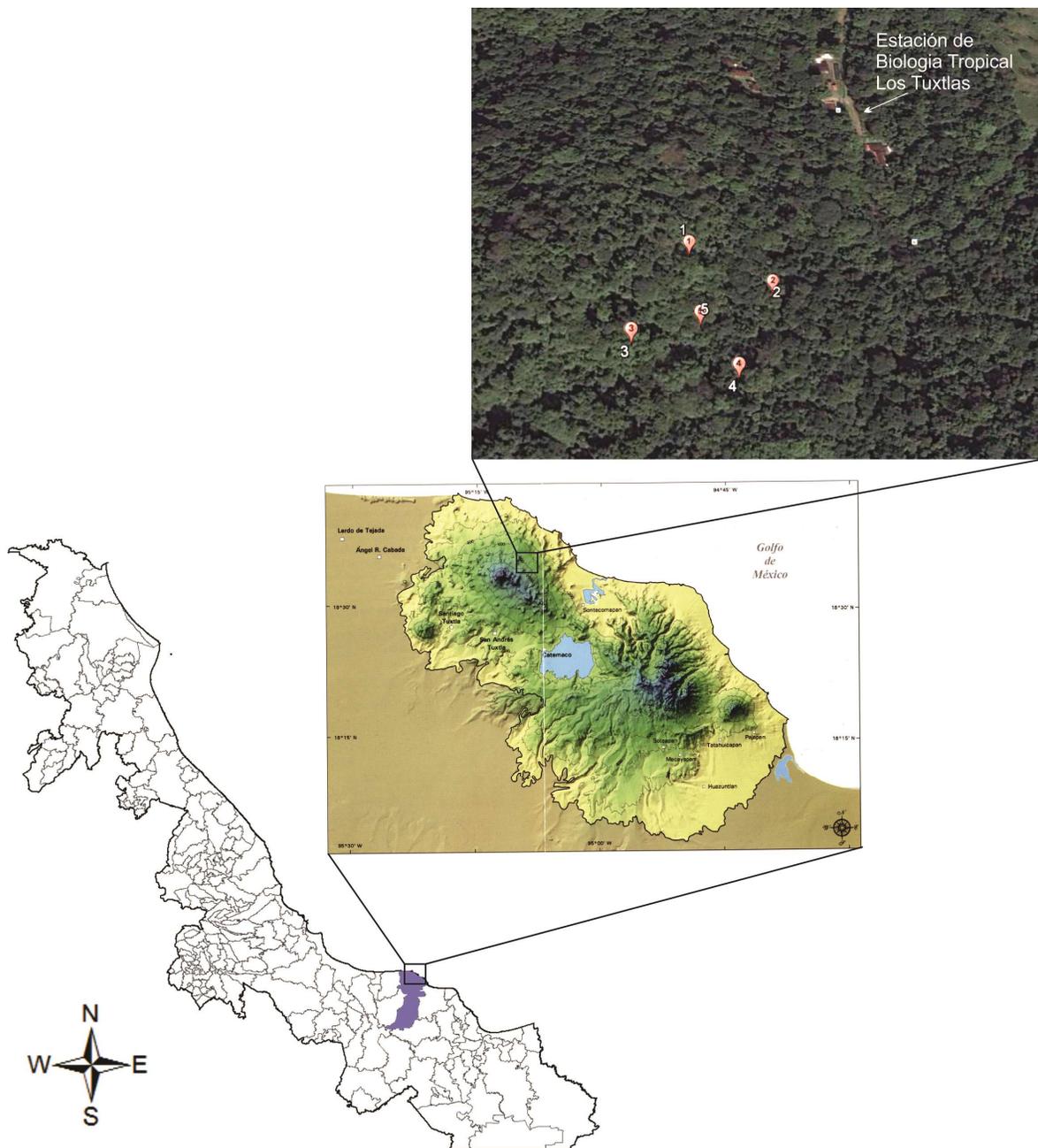


Figura 12. Ubicación de la localidad de estudio: Veracruz, municipio de San Andrés Tuxtla, Sierra de Los Tuxtlas, Estación Biológica y puntos de las esquinas y central del cuadrante.

## 4. Metodología

### 4.1. Trabajo de campo

El presente inventario se levantó en dos periodos de recolecta en una hectárea de selva alta perennifolia de la Reserva de la Biósfera los Tuxtlas. La primera expedición se realizó del 16 al 22 de mayo del 2016 y la segunda del 16 al 22 de agosto del mismo año, cubriendo las temporadas de secas y de lluvias de la región. En la primera expedición se trazó un cuadrante de una hectárea cerca a la Estación Biológica tomando en cuenta el estado de conservación, la homogeneidad de la vegetación y la accesibilidad al terreno. Las coordenadas se muestran a continuación y pueden ser referenciadas en los puntos de la figura 12.

- Esquinas:
  - 1) 18° 34'58.9" N, 95° 04'32.5" W, 217 msnm
  - 2) 18° 34'57.2" N, 95° 04'29.8" W, 172 msnm
  - 3) 18° 34'55.5" N, 95° 04'34.1" W, 204 msnm
  - 4) 18° 34'54.5" N, 95° 04'31" W, 207 msnm
  
- Central:
  - 5) 18°34'56.1" N, 95°04'32.1" W, 192 msnm

El cuadrante se dividió en 16 sub-cuadrantes de 25 metros cuadrados como se muestra en la figura 13.

Ambas expediciones tuvieron una duración de seis días. En cada una se aplicaron métodos de recolecta estandarizados siguiendo la metodología de Coddington *et al.* (1991) y Ubick *et al.* (2005). Los métodos de recolecta directa corresponden a la búsqueda en hábitats crípticos o críptic, red de golpeo o beating (Fig. 14a) y muestreo de vegetación por arriba y por debajo del nivel de las rodillas (looking up y looking down). Los ejemplares se recolectaron con ayuda aspiradores entomológicos (Fig. 14e). Los métodos indirectos son las trampas de caída o pitfalls convencionales (48 en cada salida) (Fig. 14b), el tamizado de hojarasca con tamizador Winkler (Fig. 14c) y su procesamiento en embudos Berlese-Tullgren (12 en cada salida) (Fig. 14d). Estos métodos han demostrado ser eficientes para recolectar pseudoescorpiones en otros proyectos (Piedra-Jiménez *et al.*, en prensa).

Adicionalmente se colocaron 16 trampas de caída modificadas o pitfalls subterráneas siguiendo la propuesta de Lencinas *et al.* (2015) de la siguiente forma: se colocaron tubos horizontales de 5.3 cm de diámetro y 11 cm de largo abiertos en los extremos, con una abertura en el centro para que los organismos cayeran a un frasco con etanol al 96% (Fig. 15). Estos tubos se colocaron por debajo de la hojarasca con el fin de recolectar los organismos que habitan permanentemente en ésta. Sin embargo, debido a su poca eficiencia sólo se colocaron en la primera expedición.

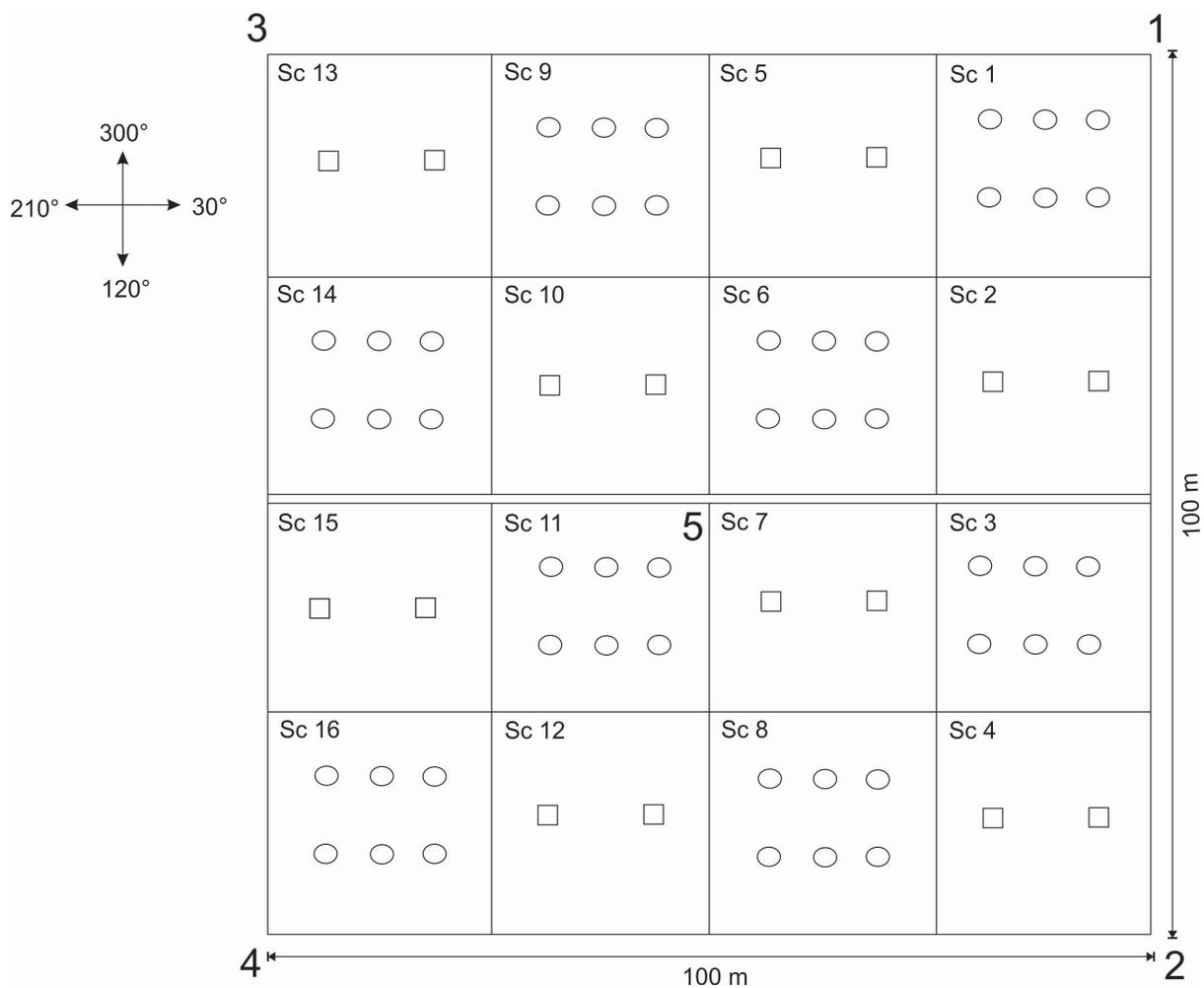


Figura 13. Representación del cuadrante de una hectárea dividido en 16 sub-cuadrantes. La línea doble representa el camino central. Se representa la distribución ideal de las trampas de caída. Los círculos representan las pitfalls convencionales y los cuadrados las pitfalls subterráneas.

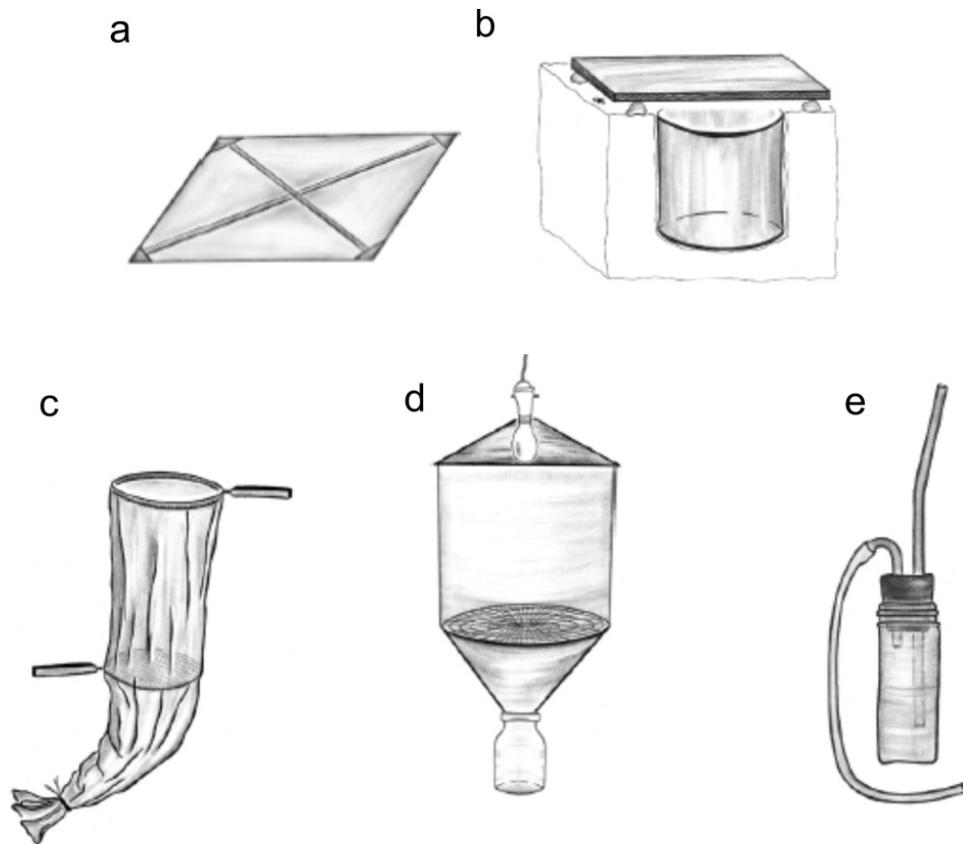


Figura 14. Métodos utilizados para recolectar pseudoescorpiones: (a) red de golpeo, (b) trampa de caída convencional, (c) tamizador Winkler, (d) embudo de Berlese-Tullgren y (e) aspirador entomológico (Modificado de Ubick *et al.*, 2005).

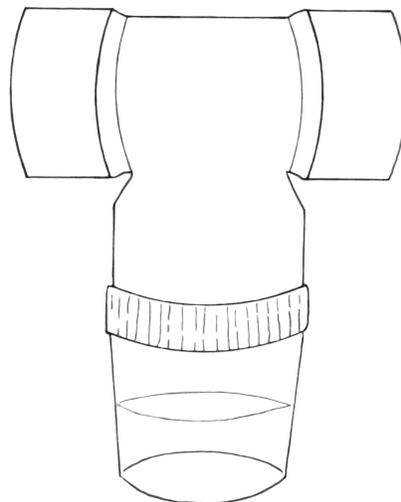


Figura 15. Trampas de caída modificadas o pitfalls subterráneas.

Las unidades de muestro fueron hora/hombre para recolectas directas, volumen de hojarasca por tamizado y hora en campo por trampa de caída. En cuanto a las trampas de caída convencionales, se colocaron seis en ocho de los sub-cuadrantes (48 trampas en total), mientras que de las pitfalls modificadas o subterráneas se colocaron dos en ocho de los sub-cuadrantes (16 trampas en total) (Fig. 13). La posición de las pitfalls en cada sub-cuadrante se muestra en la figura 16. Ambos tipos de pitfalls se distribuyeron de forma homogénea en el cuadrante, con algunas variaciones dependiendo de factores como la accesibilidad al terreno (Apéndices 1 y 2), y estuvieron activas un total de cinco días (120 horas aproximadamente). Para cada embudo de Berlese-Tullgren se procesó 1.5 litros de hojarasca, correspondiente a varios metros cuadrados por costal (de dos a cuatro) dependiendo de la profundidad de la misma. Para evaluar el volumen de hojarasca a tamizar, se tomaron cinco medidas de profundidad por cada metro cuadrado (en cada esquina y en el centro) (Apéndices 3 y 4).

Todos los ejemplares fueron recolectados en frascos con etanol al 96% con su respectiva etiqueta, excepto las pitfalls que contenían un 20% de glicerina para evitar la evaporación del etanol y el daño al DNA.

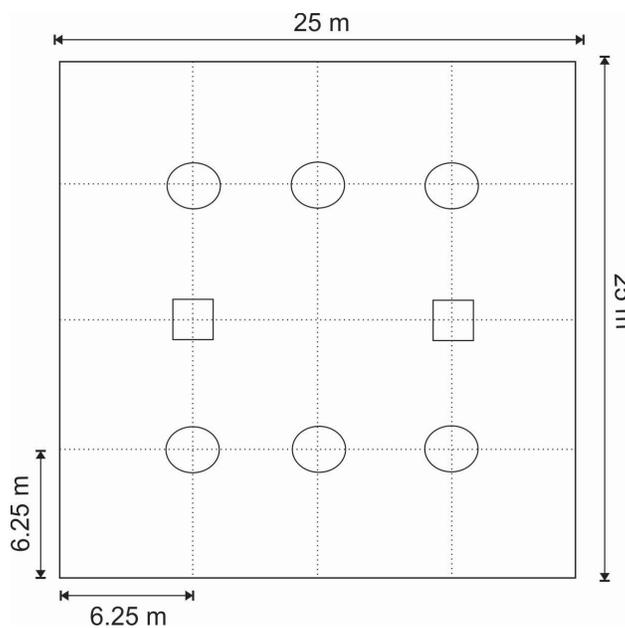


Figura 16. Representación general de un sub-cuadrante con la distribución de las trampas de caída. Los círculos representan las pitfalls convencionales y los cuadrados las pitfalls subterráneas.

#### 4.2. Procesamiento de muestras

El procesamiento de las muestras se realizó en el Laboratorio de Aracnología del Departamento de Biología Comparada de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Cada muestra se conservó en viales con etanol al 96% con su etiqueta correspondiente. Los ejemplares se

separaron a nivel de familia y morfoespecie usando las claves dicotómicas de Muchmore (1990) y Harvey (1992), con ayuda del microscopio estereoscópico de disección Nikon SMZ1000.

Para la determinación genérica y específica se realizaron aclarados 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. Se hicieron preparaciones temporales siguiendo el método de Coddington (1983) y se observaron en el microscopio Nikon Eclipse E200. Para dicha determinación se utilizó bibliografía especializada provista por los recursos de la Taxonomía Cibernética como *Biodiversity Heritage Library* (BHL, 2013).

De las especies más abundantes se realizaron preparaciones permanentes siguiendo 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 opistosoma 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.

#### **4.3. Revisión de Colecciones Científicas**

Con el objetivo de corroborar la determinación de los ejemplares recolectados, se revisaron ejemplares tipo y no-tipo de colecciones nacionales e internacionales.

##### **Colecciones Nacionales**

Se solicitó un préstamo a la Colección Nacional de Arácnidos (CNAN) del Instituto de Biología de la UNAM. Esto permitió revisar preparaciones permanentes de ocho especies de pseudoescorpiones (Apéndice V). Se realizaron microfotografías de cada una en el Laboratorio de Aracnología de la Facultad de Ciencias.

##### **Colecciones Internacionales**

Se realizó una estancia de investigación en Estados Unidos con duración de un mes y se visitaron dos colecciones: la colección del Museum of Comparative Zoology de la Universidad de Harvard (Boston) y la del American Museum of Natural History (Nueva York). En el MCZ se revisaron ejemplares de 19 especies (13 correspondientes a ejemplares tipo) y se realizaron microfotografías de las preparaciones permanentes (Apéndice VI). En el AMNH se revisaron 32 especies (6 ejemplares tipo) y se tomaron imágenes de referencia con una cámara digital (Apéndice VII). En cada caso se documentaron los datos de recolecta y, en el caso del MCZ y CNAN el número de catálogo.

#### 4.4. Análisis moleculares

Los análisis moleculares se hicieron en colaboración con el Dr. Alejandro Ocegüera Figueroa del Instituto de Biología, UNAM. Se secuenció un fragmento del gen citocromo oxidasa I o COI (657pb) de cada morfoespecie. Este fragmento es empleado comúnmente para evaluar los límites entre especies y aparear los ejemplares macho y hembra para cada taxón (Miller *et al.*, 2014) y ha sido utilizado en trabajos previos para dilucidar las relaciones de distintos linajes de pseudoescorpiones (Zeh *et al.*, 2003; Moulds *et al.*, 2007; Muriene *et al.*, 2008; Cosgrove *et al.*, 2016).

La extracción de DNA total se llevó a cabo con el kit *Jena Bioscience Animal and Fungi DNA Preparation Kit* en el Laboratorio de Biología Molecular del Departamento de Zoología-LANABIO. Debido a la disponibilidad de ejemplares sólo se procesaron cinco morfoespecies. Se usaron dos hembras y dos machos en el caso de *Tyrannochthonius* sp01 y *Tyrannochthonius* sp02 y una hembra y un macho de *Ideoblothrus mexicanus*, *Pseudalbiorix reddelli* y de Chernetidae sp01. Para la extracción se usó el organismo completo y se conservó el exoesqueleto como voucher. El DNA purificado se usó como templado para su amplificación con PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa). Se usaron los pares de primers VF1d-VR1d, HCO2198-LCO1490 y LCO1490-HCOout (Apéndice VIII).

El PCR mix incluyó 2 µL de DNA purificado, 0.25 µL de cada primer, 0.12 µL Taq DNA polimerasa y 3 µL de buffer 5x (con Mg y ddNTPs). El protocolo de amplificación con PCR consistió en una fase inicial de desnaturalización (94°C por 5 min) seguida de 34 ciclos incluyendo desnaturalización (94°C por 45 s), anillamiento (48°C por 45 s), extensión (72° por 45 s) y una extensión final (72° por 7 min). Los productos del PCR fueron verificados con una electroforesis en gel de agarosa al 1.5%.

Estos productos fueron secuenciados con los mismos primers en el Laboratorio de Secuenciación Genómica de la Biodiversidad y de la Salud del Instituto de Biología de la UNAM. Las secuencias fueron editadas usando el programa Geneious versión 7.1 (Kearse *et al.*, 2012). Además se descargaron las 77 secuencias de COI obtenidas en el estudio de Muriene *et al.* (2008). Como grupos externos se utilizaron las secuencias correspondientes a los Órdenes Opiliones (*Siro rubens*) y Escorpiones (*Pandinus imperator*) descargadas de la base de datos de GenBank (DQ513111, AY156582). Todas estas secuencias se alinearon con el programa en línea MAFFT versión 7 (disponible en <http://mafft.cbrc.jp/alignment/software/>) utilizando los parámetros estándar. El análisis filogenético de máxima verosimilitud se realizó con el programa RaxML GUI versión 1.5 (Stamatakis *et al.*, 2008) usando el modelo GTR-GAMMA y 500 réplicas de bootstrap rápido. Las secuencias obtenidas serán depositadas en la base de datos de GenBank.

#### 4.5. Estimaciones de riqueza total de especies y análisis de estacionalidad

La información de los pseudoescorpiones recolectados en ambas expediciones se almacenó en una hoja de cálculo en Microsoft Excel 2011 para su posterior manipulación. Esta base de datos incluye 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

recolecta, el colector, el número de repetición, el código de la muestra y el *photo voucher* (PV) correspondiente al vial que contiene los ejemplares fotografiados para cada morfoespecie.

Posteriormente se utilizó el programa EstimateS 9.1.0 para estimar el número total de especies en el área de estudio. Este programa hace el análisis de diversidad utilizando distintos estimadores de riqueza no-paramétricos: ACE, ICE, Jackknife 1, Jackknife2, Bootstrap, Chao1 y Chao2. Este análisis se realizó con 300 aleatorizaciones. Chao1 y Chao2 se estimaron con la fórmula clásica. Estos modelos 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 recalculando el estimador con la muestra reducida. Bootstrap hace el submuestreo con remplazo y Jackknife sin remplazo. Es importante mencionar que todos los estimadores deben ser considerados como el límite inferior de la riqueza de especies (Gotelli y Colwell, 2010).

Estos estimadores no-paramétricos son ampliamente utilizados, sin embargo no existe un índice ideal (sin sesgo, preciso y eficiente) que funcione para todos los conjuntos de datos. Una forma de comparar su desempeño es usar datos de áreas exhaustivamente estudiadas y comparar la riqueza conocida con los resultados de los estimadores. Por ejemplo: Butler y Chazdon (1998) realizaron un muestreo de semillas intensivo en la Estación Biológica La Selva en Costa Rica, posteriormente Colwell y Coddington (1994) encontraron que los índices Chao 2 y Jackknife 2 mostraron el menor sesgo en la estimación de riqueza real de especies. Walther y Morand (1998) usaron un enfoque similar con datos de parásitos concluyendo que Chao2 y Jackknife 1 se desempeñaron mejor. De forma semejante, González-Oreja *et al.* (2010) evaluaron estos estimadores con aves, encontrando que ICE, Jackknife 1 y Jackknife 2 fueron los menos sesgados. Así, el uso de todos los índices nos permite obtener un rango de posibles valores basados en las distintas propiedades de los estimadores.

Posteriormente se realizaron las curvas de riqueza graficando las unidades de muestreo de las expediciones contra el número de especies. Estas gráficas incorporan las curvas de acumulación y la presencia de especies raras.

Para calcular la similitud en la composición de especies entre ambas expediciones se utilizaron los índices de Chao-Jaccard y Chao-Sorensen. 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). Adicionalmente se realizó el test no-paramétrico Kruskal-Wallis ( $\alpha=0.05$ , g.l.=1) debido a que los datos no presentan una distribución normal en el programa Microsoft Excel para evaluar si existen diferencias significativas en la riqueza y abundancia entre ambas expediciones.

#### **4.6. Clave de identificación y descripción de las especies recolectadas**

Se realizó una clave de identificación taxonómica para las especies recolectadas en el presente inventario. Se elaboró una diagnosis para las familias y géneros, así como la descripción de las especies recolectadas, incluyendo las especies nuevas. Se indicó su distribución, composición, número de ejemplares recolectados y notas taxonómicas y ecológicas. Posteriormente la descripción de las especies nuevas se publicará en una revista indexada. De cada especie se tomaron medidas de los artejos del pedipalpo y del caparazón. De cada una se midieron 10 individuos, excepto en el caso de las especies *Tyrannochthonius* sp01 y sp02, de las cuales se midieron 18 ejemplares. Esto último fue debido a que sus diferencias son principalmente caracteres continuos, por lo que se realizó una prueba t de Student de muestras independientes ( $\alpha=0.05$ , g.l.=17) en el programa Microsoft Excel para probar si existen diferencias significativas en el tamaño de la quela. Así mismo, se calculó la varianza en ambos grupos de datos y se realizó una prueba F de Fisher ( $\alpha=0.05$ , g.l.<sub>1</sub>=17, g.l.<sub>2</sub>=17) para comprobar que fueran iguales.

#### **4.7. Imágenes digitales estandarizadas e ilustraciones científicas**

Se tomaron microfotografías digitales estandarizadas del hábito (dorsal y ventral), pedipalpo ventral, quelícero, patrón de tricobotrias, genitalia y patas I y IV. Asimismo se realizaron ilustraciones científicas del quelícero, rallum, genitalia y patrón de tricobotrias del pedipalpo. Ambas están disponibles a otros investigadores por medio de la página del Laboratorio de Aracnología de la Facultad de Ciencias (Alvarez-Padilla Laboratory, 2014).

Las fotos del hábito y pedipalpo se tomaron con un microscopio estereoscópico de disección Nikon SMZ1000, las fotos de las estructuras aclaradas 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 realizarán con el microscopio estereoscópico de preparaciones Nikon Eclipse E200 y la cámara lúcida Nikon Y-IDT. Todas las imágenes se procesaron con Adobe Photoshop 5.0 y Adobe Illustrator 9.0.

## 5. Resultados

### 5.1. Listado de especies encontradas

Este estudio representa el primer inventario faunístico del Orden Peudoescorpiones en una selva tropical en México, utilizando el protocolo de recolecta 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).

Después de los dos periodos de recolecta se obtuvieron un total de 335 muestras de recolecta directa, 24 muestras de embudos de Berlese-Tullgren, 95 de trampas pitfalls convencionales y 16 de pitfalls subterráneas (las pitfalls subterráneas se omitieron en la segunda salida debido a que no capturaron una cantidad significativa de ejemplares en la primera expedición). De estas muestras, 44 contenían pseudoescorpiones: 23 berleses, 11 criptics, 3 looking downs, 6 pitfalls y un beating. En total se recolectaron 443 ejemplares: 269 adultos (116 hembras, 153 machos) y 174 juveniles (32 protoninfas, 57 deutoninfas y 85 tritoninfas) (Cuadro 3).

Se realizaron 20 preparaciones permanentes en Bálsamo de Canadá con el fin de examinar las estructuras internas y facilitar su identificación a nivel de especie. Los ejemplares se separaron en 10 morfoespecies pertenecientes a cinco familias: Ideoroncidae, Syarinidae, Chthoniidae, Atemnidae y Chernetidae. La familia más abundante fue Chthoniidae con 217 ejemplares (180 adultos y 37 juveniles), mientras que Chernetidae tuvo la mayor riqueza con cinco morfoespecies (Cuadro 3). Chernetidae sp01 representa un género nuevo, presentando caracteres únicos para la familia. El género *Hexachernes* es un nuevo registro para el país; sin embargo, la descripción de la especie *H. pennatus* es ambigua, por lo que se debe revisar el material tipo para corroborar su correspondencia y realizar su redescipción. Dentro de la familia Chthoniidae, *Tyrannochthonius* sp01 y sp02 son especies nuevas. Finalmente, la familia Syarinidae y la especie *Pseudalbiorix reddelli* son registradas por primera vez para el estado de Veracruz.

Cabe mencionar que Chernetidae sp03 y sp05 están representadas únicamente por un adulto en buen estado, mientras que Chernetidae sp04 sólo por ninfas. Ésta última se designó como una morfoespecie distinta ya que los ejemplares no se pudieron relacionar con ninfas ni adultos de ninguna otra especie. Estos tres casos no se determinaron a nivel específico y sólo se tomaron en cuenta para los análisis de riqueza.

Cuadro 3. Listado de especies encontradas mostrando un nuevo género (\*\*), dos nuevas especies (\*), un nuevo registro para el país (°) y nuevos registros para el estado de Veracruz (°).

Familia	Especie	Hembras	Machos	Juveniles	Total
Ideoroncidae	<i>Pseudalbiorix reddelli</i> °	5	5	44	54
Syarinidae°	<i>Ideoblothrus mexicanus</i> °	22	21	16	59
Chthoniidae	<i>Tyrannochthonius sp01</i> *	27	68	27	122
	<i>Tyrannochthonius sp02</i> *	36	49	10	95
Atemnidae	<i>Paratemnoides nidificator</i>	6	2	21	29
Chernetidae	Chernetidae sp01**	15	6	34	55
	<i>Hexachernes cf. pennatus</i> °	2	2	0	4
	Chernetidae sp03	1	0	0	1
	Chernetidae sp04	0	0	18	18
	Chernetidae sp05	2	0	4	6
<b>Total</b>		116	153	174	443

El método de recolecta más eficiente en cuanto a abundancia fue el embudo de Berlese-Tullgren, seguido del criptico, las trampas de caída o pitfalls, el looking down y el beating. Mientras que el método más eficiente en cuanto a riqueza fue el criptico, en el cual se colectaron la mayoría de las especies (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de ejemplares recolectados por método.

Familia	Especie	Berlese	Criptico	Pitfall	Looking Down	Beating
Ideoroncidae	<i>Pseudalbiorix reddelli</i>	37	16	1	0	0
Syarinidae	<i>Ideoblothrus mexicanus</i>	59	0	0	0	0
Chthoniidae	<i>Tyrannochthonius sp01</i>	117	1	3	1	0
	<i>Tyrannochthonius sp02</i>	94	1	0	0	0
Atemnidae	<i>Paratemnoides nidificator</i>	0	24	3	1	1
Chernetidae	Chernetidae sp01	0	54	0	1	0
	<i>Hexachernes cf. pennatus</i>	0	4	0	0	0
	Chernetidae sp03	0	1	0	0	0
	Chernetidae sp04	0	18	0	0	0
	Chernetidae sp05	0	6	0	0	0
<b>Total</b>		307	125	7	3	1

## 5.2. Análisis moleculares

Se extrajo el DNA de 14 ejemplares pertenecientes a cinco morfoespecies de las cuales se obtuvieron 15 secuencias. *Tyrannochthonius* sp02 fue la única especie con dos fragmentos de DNA debido a que se usaron dos pares de primers distintos. El número de nucleótidos secuenciados para todas las especies oscila entre las 581 y 672 pares de bases (Apéndice IX). Estos datos fueron incluidos en la filogenia propuesta por Muriene *et al.* (2008) y se analizaron bajo el criterio de máxima verosimilitud.

El cladograma obtenido (Fig. 17) difiere de la hipótesis de Muriene *et al.* (2008: fig. 5) en las relaciones filogenéticas de: Atemnidae, Chthoniidae y Chernetidae: Atemnidae y Chthoniidae resultaron monofiléticos en nuestro análisis. Chernetidae fue recuperada polifilética en ambos análisis; sin embargo, el presente análisis recuperó Whitiidae como un clado aparte, dejando a Chernetidae solamente parafilética con respecto al género *Lustrochernes* que está incluido en la familia Neobisiidae en ambos análisis.

El género nuevo (Chernetidae sp1) fue incluido en la familia Chernetidae, siendo grupo hermano de *Pseudopilanus kuscheli* Beier, 1964, aunque con un soporte de bootstrap relativamente bajo (51%). Se confirmó la identidad de las especies nuevas *Tyrannochthonius* sp01 y sp02 como especies separadas, estando incluidas en la familia Chthoniidae. *Pseudalbiorix reddelli* es grupo hermano de *Pseudalbiorix veracruzensis*, ambos en la familia Ideoroncidae. La especie *Ideoblothrus mexicanus* aparece como grupo hermano de *Ideoblothrus* sp. Sin embargo, al igual que en el estudio de Muriene *et al.*, (2008), la familia Syarinidae no se recupera como monofilética. Finalmente este análisis confirmó la correspondencia de sexos de cada especie.

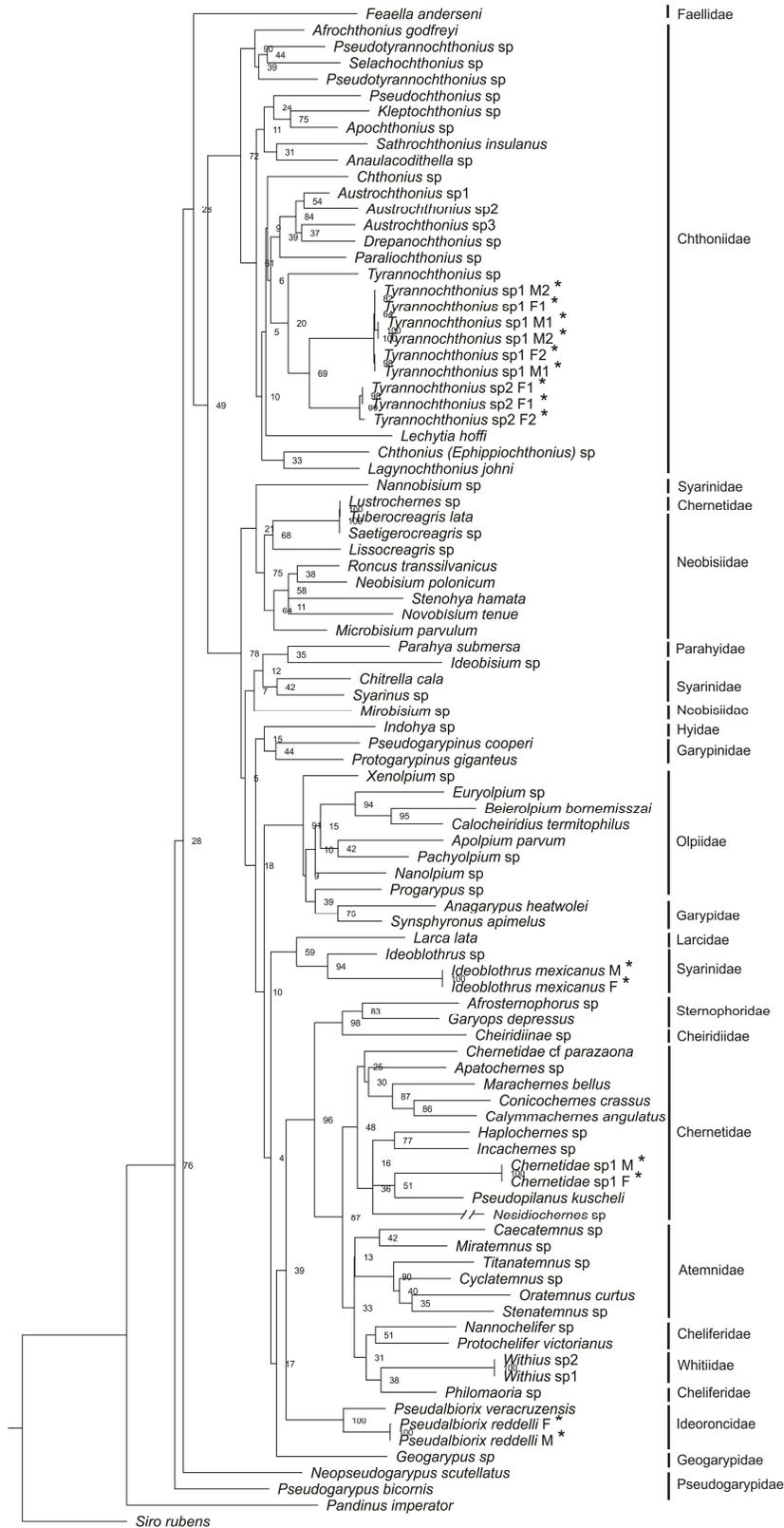


Figura 17. Filogenia de pseudoescorpiones basada en un análisis de máxima verosimilitud del gen COI. Las especies marcadas con un asterisco corresponden a los ejemplares del presente inventario. Los valores de soporte en los nodos indican los valores de bootstrap.

### 5.3. Estimaciones de riqueza total de especies y análisis de estacionalidad.

En total se recolectaron 443 individuos en 44 muestras. De las 10 especies observadas se recolectó un singleton, un uniques y dos duplicates. Como se puede ver en el cuadro 5, los estimadores basados en abundancia (Chao1, ACE, Jackknife1 y Bootstrap) indican que existen entre 10 y 10.98 especies en la localidad, es decir, que se recolectó entre el 91 y el 100% de la fauna. Mientras que los estimadores basados en incidencia (Chao2, ICE y Jackknife2) indican que existen entre 10.07 y 10.65 especies, lo que indica que se recolectó entre en 93.9 y 99.3%. Las curvas de riqueza tienden a la asíntota a partir de la muestra 41. Las curvas de singletons y doubletons convergen en la muestra 3 y posteriormente en la 33, mientras que las curvas de uniques y duplicates convergen en la muestra 34 (Fig. 18). Esto indica que el inventario de pseudoescorpiones de vida libre en esta hectárea está muy cerca de completarse (Colwell y Coddington, 1994; Sørenssen *et al.*, 2002).

En cuanto a la estacionalidad se observó una mayor riqueza de especies en el segundo periodo de recolecta, y una mayor abundancia en el primero (Cuadros 6 y 7). Sin embargo, los análisis de Chao-Jaccard y Chao-Sorensen muestran una similitud de  $1\pm 0$  en la composición de especies entre cada expedición. Este resultado indica que la composición de especies no varía significativamente en las temporadas de lluvias y de secas. Por otra parte, el test de Kruskal-Wallis ( $\alpha=0.05$ , g.l.=1) arrojó un valor de  $P=0.45$  para la riqueza y de  $P=0.25$  para la abundancia, ambos mayores son mayores que  $\alpha$ , lo que indica que no hay diferencias significativas en la riqueza y abundancia de especies en ambas expediciones.

Cuadro 5. Resultados de los análisis de diversidad utilizando los estimadores del programa EstimateS 9.1.0. Abreviaciones: SD, desviación estándar; Spp %, porcentaje de especies recolectadas.

Estimador	Media	SD	Spp %
Muestras	44	-	-
S obs	10	-	-
ACE	10.59	0	94.43
ICE	10.65	0	93.90
Chao 1	10	0.5	100.00
Chao 2	10.24	0.72	97.66
Jack 1	10.98	0.98	91.07
Jack 2	10.07	0	99.30
Bootstrap	10.67	0	93.72

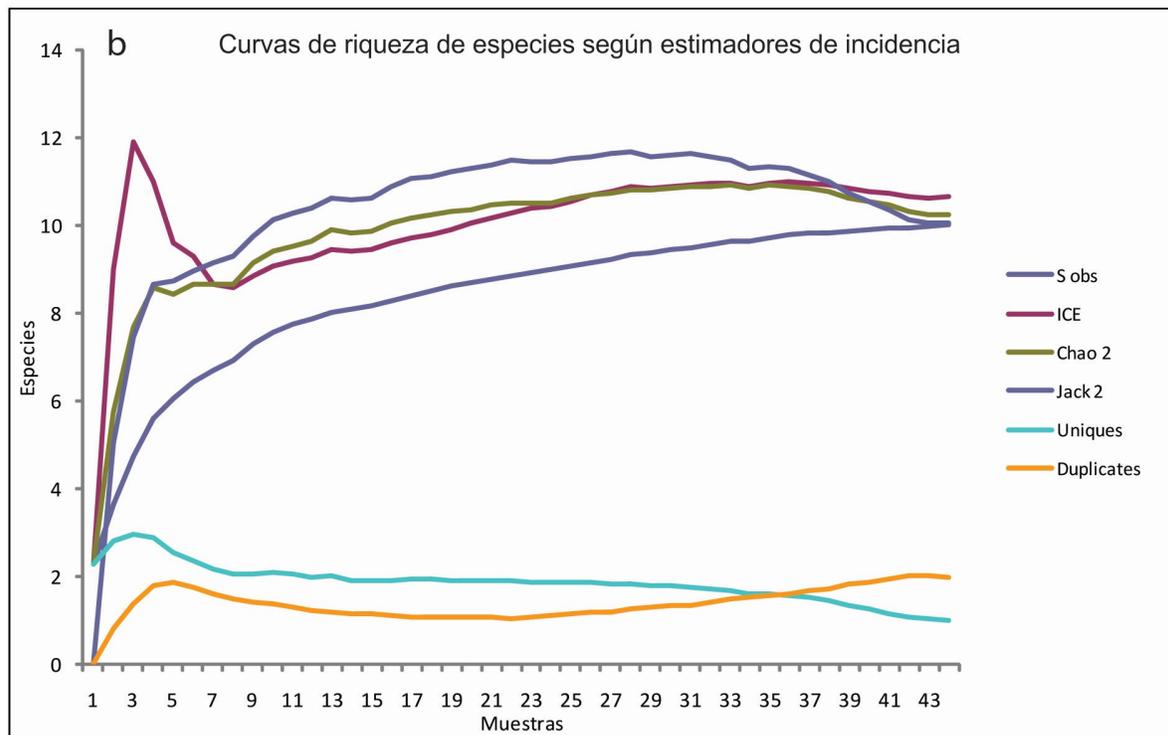
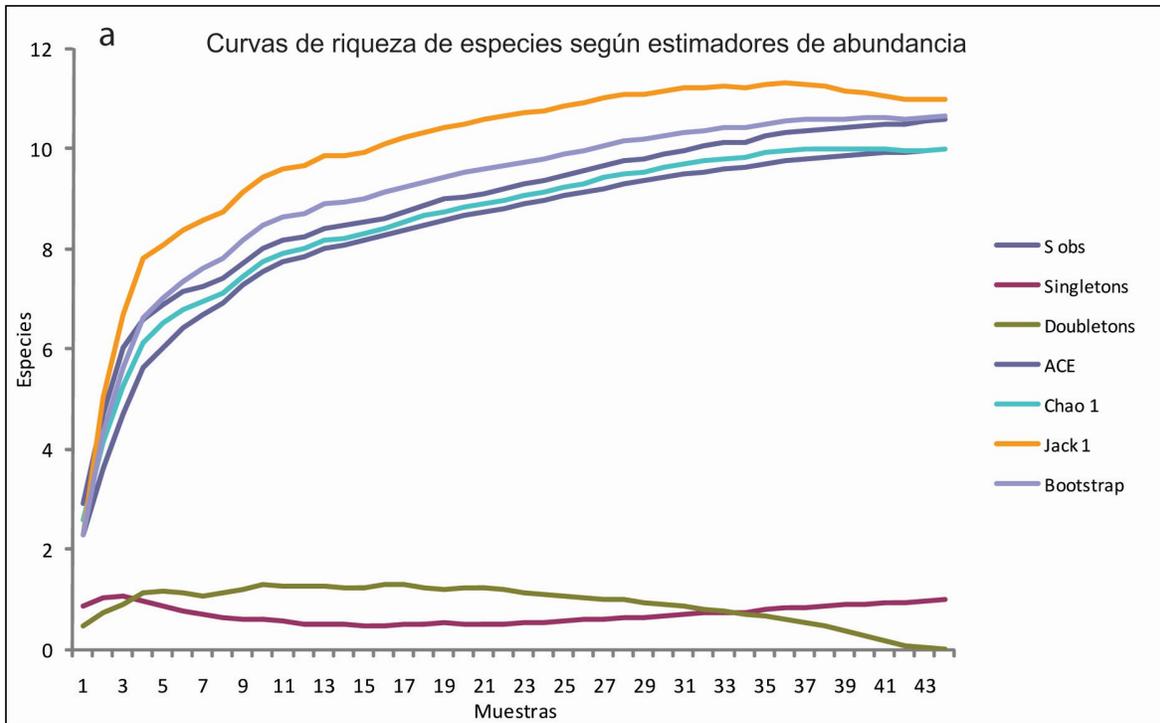


Figura 18. Curvas de riqueza de especies según estimadores a) basados en abundancia y b) basados en incidencia.

Cuadro 6. Especies y número de ejemplares presentes en cada expedición.

Especie	2016-1	2016-2
<i>Ideoblothrus mexicanus</i>	33	26
Chernetidae sp01	1	54
<i>Hexachernes cf. pennatus</i>	-	4
Chernetidae sp03	-	1
Chernetidae sp04	-	18
Chernetidae sp05	-	6
<i>Paratemnoides nidificator</i>	3	26
<i>Pseudalbiorix reddelli</i>	31	23
<i>Tyrannochthonius sp1</i>	103	19
<i>Tyrannochthonius sp2</i>	83	12
Total	254	189

Cuadro 7. Riqueza y abundancia de especies en cada expedición. Abreviaciones: S obs., especies observadas.

Expedición	Mes	S obs.	Juveniles	Adultos	Total
2016-1	Mayo	6	63	191	254
2016-2	Agosto	10	111	78	189

#### 5.4. Clave de identificación de las especies colectadas.

1. Dedos de la quela sin aparato de veneno, tricobotria *xs* presente, patas I y II con el metatarso y tarso fusionados, carapacho con pocas sedas, genitalia de la hembra con apodema lateral poco esclerotizado.....Chthonioidea, Chthoniidae....*Tyrannochthonius*..2  
  
 Uno o ambos dedos de la quela con aparato de veneno, sin tricobotria *xs*, todas las patas con el metatarso y tarso fusionados, apodema lateral esclerotizado.....3
2. Carapacho cuadrado color amarillo claro (Fig. 21a, d), medidas de las quela sin pedicelo 0.50-0.57 (♂) y 0.55-0.64 (♀) mm .....*Tyrannochthonius* sp01  
  
 Carapacho trapezoidal color marrón (Fig. 22a, d), quela sin pedicelo 0.41-0.52 (♂) y 0.44-0.54 (♀) mm ..... *Tyrannochthonius* sp02
3. Dedo móvil del quelícero con muchos dientes, *gs* submedial, serrula exterior sujeta por ½ o 2/3 de su largo, quelícero sin lámina exterior (presente en algunos Ideoroncidae), espermateca ausente, fémur del pedipalpo con tricobotrias en la mitad basal.....Neobisioidea..4  
  
 Dedo móvil del quelícero con uno o dos dientes subapicales, *gs* terminal, sérrula exterior sujeta a todo lo largo, quelícero con velum y lámina exterior (ausente en algunos Oipiidae), espermateca presente, fémur del pedipalpo sin tricobotrias .....Cheliferoidea..5
4. Quela con 12 tricobotrias, tricobotria *t* modificada en forma y orientación, aparato de veneno sólo en el dedo fijo de la quela, ductos de veneno muy cortos, sin pasar tricobotria *et*, *nodus ramosus* expandido (Fig. 24i) .....Syrinidae..*Ideoblothrus mexicanus*  
  
 Quela con 30-45 tricobotrias acuminadas, aparato de veneno en ambos dedos de la quela, ductos de veneno largos (pasando tricobotria *et*), *nodus ramosus* no expandido (Fig. 23j).....Ideoroncidae..*Pseudalbiorix reddelli*
5. Aparato de veneno sólo en el dedo móvil de la quela, dedos de la quela con al menos un diente accesorio (Fig. Xj, 17i).....Chernetidae..6  
  
 Aparato de veneno sólo en el dedo fijo de la quela (Fig. 25j), dedos de la quela sin dientes accesorios.....Atemnidae..*Paratemnoides nidificator*
6. Exoesqueleto sin tubérculos setíferos, mano del quelícero con cinco sedas (Fig, 19h), espermateca de la hembra formada por dos tubos medianos expandidos en la mitad terminal (Fig. 19g), macho con protuberancia en la región prolateral el dedo móvil de la quela y con cuatro tricobotrias (Fig. 19i), tarso I recurvado y con seda táctil en posición basal.....Chernetidae sp01  
  
 Exoesqueleto con tubérculos setíferos en forma de cono, mano del quelícero con siete sedas (Fig. 20h), espermateca en forma de hongo (Fig. 20g), dedo móvil de la quela sin protuberancias y con seis tricobotrias (Fig. 20i), tarso I sin modificaciones.....*Hexachernes* cf. *pennatus*

## 5.5. Descripción de las especies recolectadas

### Chernetidae Menge, 1855

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

Composición y distribución: Es la familia que presenta mayor riqueza de pseudoescorpiones con 663 especies en 117 géneros. Se reconocen tres subfamilias: Goniochernetinae, Lamprochernetinae y Chernetinae, aunque sus relaciones filogenéticas no están claramente definidas. Se distribuyen en todo el mundo en una gran variedad de hábitats, incluyendo hojarasca, bajo corteza de árboles y cuevas (Harvey, 2013b).

#### Chernetidae gen. nov.

Diagnosis: Este género es similar a otros chernétidos de América al presentar cinco sedas en el quelícero, un rallum de tres sedas siendo la más larga dentada (Fig. 19j) y el tarso IV con una seda táctil en posición basal. Sin embargo, difiere de ellos en los siguientes caracteres: Este nuevo taxón presenta un par ocelos y el margen posterior del carapacho con la región lateral menos esclerotizada (Figs. 19a, d), mientras que *Mexachernes* carece de ocelos, y *Parachernes* presenta una quilla en el margen posterior de éste. Las sedas del quelícero *b* y *sb* dentadas y las demás acuminadas (Fig. 19h) lo separan de *Americhernes* y *Pselaphochernes* (*sb*, *b* y *es* dentadas), *Byrsochernes* (sólo *b* dentada), *Lustrochernes* y *Mexachernes* (todas acuminadas). El patrón de tricobotrias (Fig. 19i) lo separa de *Dinochernes*, el cual presenta las tricobotrias del dedo fijo confinadas a la mitad proximal (excepto *et*). Chernetidae gen. nov. no presenta sedas táctiles en la tibia IV, a diferencia de *Lamprochernes*. La espermateca de la hembra está formada por dos tubos medianos expandidos en la mitad terminal (Fig. 19g), a diferencia de *Americhernes* que presenta dos tubos largos curvos expandidos terminalmente, y *Pachychernes* cuya espermateca está formada por cuatro lóbulos. Finalmente, este género presenta caracteres únicos para la familia: el macho posee una protuberancia en la región prolateral del dedo móvil de la quela (Fig. 19i) y el tarso I recurvado con una seda táctil en posición basal.

#### Chernetidae sp01

Figs. 19 a-j

Diagnosis: Como la del género.

Descripción:

Quelícero (Fig. 19h): mano con cinco sedas; *b* y *sb* dentadas, las demás acuminadas; dos lirifisuras dorsales. Dedo móvil con una seda acuminada (*gs*), y dos dientes apicales. Galea con seis a siete ramas. Rallum con tres sedas; la más larga dentada, las demás acuminadas. Serrula exterior con 21–23 lamelas.

Pedipalpo (Fig. 19c,f): superficie lisa, coxa y trocánter de color amarillo-rojizo, los demás artejos rojos; relativamente delgado (Cuadro 8). Trocánter con una leve protuberancia media. Dedo fijo con 54–56 (♀), 49–52 (♂) dientes marginales y nueve a diez (♀, ♂) dientes accesorios externos y siete a ocho (♀, ♂) internos. Dedo móvil con 63–66 (♀), 50–52 (♂) dientes marginales y siete a ocho (♀, ♂) dientes accesorios internos. Dedo fijo con ocho tricobotrias y móvil con cuatro: tricobotria *st* mas cerca de *sb* que de *t*, y *t* ligeramente más cerca de *st* que de la punta del dedo; tricobotrias *ist*, *ib*, *esb* y *eb* confinadas en la base del dedo fijo, distancia entre *it* y la punta del dedo ligeramente mayor que la distancia entre *isb* e *ist*, *it* mas cerca de *est* que de *et*, *it* más cerca de *isb* que de *et*. Aparato de veneno en dedo móvil con *nodus ramosus* proximal a tricobotria *t* (Fig. 19i). Macho una protuberancia en la región prolateral del dedo móvil (Fig. 19i).

Carapacho: Superficie granulada; color marrón; dos surcos transversales; margen posterior con la región lateral menos esclerotizada (Figs. 19a, d); un par de ocelos; cuatro sedas en margen anterior y seis en margen posterior.

Coxas: coxa de pedipalpos con 28 (♀), 26 (♂) sedas; quetotaxia de coxas I–IV: 15: 15–17: 16–17: 39–42 (♂), 13: 14: 18: 40–42 (♀). Coxa I y IV del mismo ancho.

Patas: superficie granualda; sedas acuminadas. Tarso I del macho recurvado con seda táctil en posición basal; tarso III y IV con seda táctil en mitad proximal. Uñas del tarso simples; arolio más corto que uñas.

Opistosoma: superficie granulada, tergitos color marrón y esternitos color amarillo. Quetotaxia de tergitos: 8: 9–10: 8: 10: 12: 12: 12: 12: 12: 10: 2 (♂), 8: 8: 8–9: 12: 12: 12: 12–13: 12: 14: 12: 10: 2 (♀). Quetotaxia de esternitos: 0: (3)38-40(3): (1–2) 8 (1): 6: 7–8: 15–16: 18: 19–20: 17–18: 12: 2 (♂), 0: (3) 23 (3): (1) 6 (1): 17: 16–17: 16: 17–18: 20: 18: 18: 2 (♀). Membrana pleural estriada.

Genitalia: opérculo anterior del macho con 38–40 sedas y posterior con ocho; opérculo anterior de la hembra con 23 sedas y posterior con seis. Espermateca de la hembra formada por dos tubos medianos expandidos en la mitad terminal (Fig. 19g).

Ejemplares recolectados: Seis machos, 15 hembras y 34 ninfas.

Nota: La mayoría de los ejemplares se encontraron bajo corteza de árboles vivos. En una colecta adicional al inventario se encontró un individuo adulto sujeto a una mosca (Diptera: Micropezidae) en las inmediaciones de la Estación Biológica. En cuatro muestras del segundo periodo de colecta se encontraron hembras con huevos.

#### Hexachernes Beier, 1953

Diagnosis: Caparazón, tergitos y fémur del pedipalpo con tubérculos setíferos en forma de cono. Mano del quelícero con siete sedas: *b*, *sb* y dos sedas accesorias (*sb'*, *sb''*) dentadas, las demás acuminadas; rillum con tres sedas; quela del pedipalpo con sedas largas plumosas; dedo fijo de la quela con ocho tricobotrias, *ib*, *isb*, *ist* e *it* en un grupo cerca de la base del dedo y dedo móvil con seis tricobotrias (*b* y *sb* duplicadas) (Fig. 20i); tarso IV con división aún reconocible y seda táctil sub-terminal (Beier, 1953).

Composición y distribución: Género monotípico. La única especie del género fue reportada para Guatemala (Beier, 1953).

Nota: Esta es el primer registro del género desde su descripción en 1953 y representa un nuevo registro para México. Las hembras del segundo periodo de colecta tenían huevos.

*Hexachernes cf. pennatus* Beier, 1953

*Hexachernes pennatus* Beier, 1953. p. 21-22. Fig. 5; *Senckenbergiana Biologica*.

Figs.20 a-j

Diagnosis: Como la del género.

Descripción:

Quelícero (Fig. 20h): mano con siete sedas, *b*, *sb* y dos sedas accesorias (*sb'*, *sb''*) dentadas, las demás acuminadas; dos lirifisuras dorsales. Dedo móvil con una seda acuminada (*gs*), y dos dientes apicales. Galea con seis ramas. Rallum con tres sedas, la más larga dentada, las demás acuminadas. Sérrula exterior con 36–38 lamelas.

Pedipalpo (Fig. 20c,f): superficie granulada, relativamente grueso (Cuadro 8), color negro. Trocánter con protuberancia media. Fémur y tibia con tubérculos setíferos en forma de cono. Quela con sedas largas, dentadas; mano y dedo con sedas plumosas. Dedo fijo con 55–65 (♀,♂) dientes marginales y 17 (♀,♂) dientes accesorios externos. Dedo móvil con 65–73 (♀,♂) dientes marginales y ocho a nueve (♀,♂) dientes accesorios externos. Dedo fijo con ocho tricobotrias y móvil con seis (tricobotrias *b* y *sb* duplicadas): tricobotria *t* más cerca de *st* que de la punta del dedo, *st* ligeramente más cerca de *sb* que de *t*; tricobotrias del dedo fijo en la mitad proximal (excpeto *et*), aparato de veneno en dedo móvil con *nodus ramosus* proximal a tricobotria *t* (Fig. 20i).

Carapacho: Superficie granulada; color negro; dos surcos transversales; un par de ocelos; con seis sedas en margen anterior y nueve a diez en margen posterior.

Coxas: coxa de pedipalpos con 34–35 (♀,♂) sedas; quetotaxia de coxas I–IV: 16: 18: 22: 28–32 (♀, ♂) . Coxa I y IV del mismo ancho.

Patas: Superficie finamente granulada; color amarillo; sedas acuminadas. Tibia IV más oscura en la mitad proximal. Tarso IV con seda táctil en mitad terminal. Uñas del tarso simples; arolio más corto que uñas.

Opistosoma: superficie de tergitos y esternitos granulada; tergitos color negro, esternitos amarillo a marrón. Quetotaxia de tergitos: 12: 11: 14: 15: 13: 12: 13: 16: 12: 12: 12: 2 (♂), 11–12: 12: 14: 13–14: 14: 14: 16: 16: 13: 14: 12 (incluyendo 2 sedas táctiles): 2 (♀). Quetotaxia de esternitos: 0: (4)80(4): (1) 14 (1): 18: 20: 20: 16: 17: 18: 12: 2 (♂), 0: (2) 30 (2): (1) 12 (1): 15: 16: 15: 19: 16: 19: 12: 2 (♀). Membrana pleural granulada.

Genitalia: opérculo anterior del macho con 80 sedas y posterior con 14; opérculo anterior de la hembra con 30 sedas y posterior con 12. Espermateca de la hembra formada por cuatro lóbulos, los dos anteriores expandidos terminalmente en forma de hongo (Fig. 20g).

Distribución: Alta Verapaz, Guatemala (Beier, 1953).

Ejemplares recolectados: Dos hembras y dos machos.

Nota: Debido a que la descripción original está incompleta y sólo está basada en un macho, no se puede asegurar la correspondencia de los ejemplares a esta especie. Todos los ejemplares se

recolectaron bajo corteza de árboles vivos. Las hembras corresponden al segundo periodo de recolecta y se encontraron con huevos.

### **Chthoniidae Daday, 1888**

Diagnosis: Tubérculo intercoxal bisedoso cuando está presente; estigmas transversales; genitalia de la hembra con apodema lateral poco esclerosado (Harvey, 1992).

Composición y distribución: Esta familia incluye 650 especies, 28 géneros en tres tribus Chthoniini, Ayyaloniini y Tyrannochthoniini (Harvey, 2013b). Es de distribución cosmopolita, pero la mayor parte de los registros corresponden a Norteamérica. Habitan en una gran variedad de hábitats incluyendo cuevas (Harvey, 2013b).

### *Tyrannochthonius* Chamberlin, 1929

Diagnosis: Tricobotria *sb* a la mitad de distancia entre *st* y *b* o más cerca de *st*; tricobotria *ib* e *isb* cerca y ubicadas en posición media o subbasal en el dorso de la mano de la quela; mano de la quela usualmente con una seta en forma de espina cerca de la base del dedo fijo; mano de la quela no constreñida distalmente o en forma de botella, y sin cóndilos o apodema condilar; dedos de la quela más largos que la mano; sin tubérculo intercoxal, espinas coxales sólo en coxa II, epistoma generalmente pequeño, triangular y flanqueado por dos sedas, reducido en algunas especies; sin sensorium distal cerca de tricobotria *xs* en dedo fijo de la quela (Edward y Harvey, 2008).

Composición y distribución: 137 especies y cuatro subespecies. Es de distribución cosmopolita, pero el mayor número de registros corresponde a EUA. Posee representantes principalmente en ambientes hipógeos. En México se tienen registradas siete especies para los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz y Chiapas. Seis se han reportado para cuevas y sólo una se ha reportado para hojarasca (*T. volcanus* Muchmore, 1977) (Harvey, 2013b).

### *Tyrannochthonius* sp01

Figs. 21 a-j

Diagnosis: Esta especie es muy similar a *Tyrannochthonius* sp02, pero se puede distinguir por los siguientes caracteres: carapacho de forma cuadrangular y de color amarillo claro, a diferencia de *T. sp02* que es trapezoidal y color marrón. (Fig. 21a,d); el número de dientes en los dedos de la quela del pedipalpo: el dedo fijo de la quela presenta 18 macrodentículos y nueve o diez microdentículos, y el dedo móvil ocho o diez macrodentículos y tres microdentículos apenas distinguibles, mientras que *Tyrannochthonius* sp02 tiene seis o siete microdentículos en el dedo fijo y 11 macrodentículos en el dedo móvil; finalmente *Tyrannochthonius* sp01 es de tamaño mayor que *T. sp02*: el largo de la quela con pedicelo es de 0.53-0.58 mm (♂), 0.56-0.64 mm (♀) en *T. 01* y 0.47-0.55 mm (♀), 0.42-0.53 m (♂) en *T. sp02*. Además se distingue de otros miembros del género de la siguiente forma: el carapacho presenta cuatro ocelos, los anteriores corneados y los posteriores planos (Fig. 21a, d), mientras que *T. intermedius* Muchmore, 1986 y *T. volcanus* Muchmore, 1977 tienen cuatro ocelos corneados, y *T. pallidus* Muchmore, 1973, *T. troglobius* Muchmore, 1969 y *T. volcancillo* Muchmore, 1986 sólo dos. El epistoma es sub-triangular y está flanqueado por dos sedas, a diferencia de *T. troglobius* que es pequeño y redondeado y el de *T. vampirorum* Muchmore, 1986, *T. volcancillo* y *T. volcanus* que es muy pequeño o ausente. El rallum del quelícero posee ocho

sedas barbuladas (Fig. 21i), a diferencia de *T. intermedius* y *T. tlilapanensis* Muchmore, 1986 que tienen seis o siete sedas. El número de dientes en los dedos de la quela del pedipalpo es menor al de las especies antes mencionadas. La coxa II tiene seis o siete espinas, mientras que las otras especies presentan de ocho a 11. La quetotaxia de los tergitos es 4:4:4:4:6:6:6:6:4:2, mientras que las demás especies poseen cuatro sedas en los primeros cinco (*T. intermedius*, *T. vampirorum*, *T. volcancillo*) o seis tergitos (*T. pallidus*, *T. troglobius*), mientras que *T. volcanus* posee dos sedas en los primeros dos tergitos. Adicionalmente, *Tyrannochthonius* sp01 es de tamaño menor: el largo de la quela con pedicelo es de 0.53-0.58 mm (♂), 0.56-0.64 mm (♀), mientras que en *T. pallidus*, *T. intermedius*, *T. tlilapanensis*, *T. troglobius*, *T. vampirorum* y *T. volcancillo* la quela es del doble o más, y en *T. volcanus* es de 0.85 (♀) y 0.76 (♂).

#### Descripción:

Quelícero (Fig. 21h): mano con cinco sedas; todas acuminadas; dos lirifisuras dorsales y una ventral. Dedo móvil con una seda acuminada (*gs*), y seis dientes en la mitad terminal; dedo fijo con un diente grande y ocho dientes pequeños. Galea como una pequeña elevación en el dedo móvil. Rallum con ocho sedas barbuladas. Sérrula exterior con 15 lamelas.

Pedipalpo (Fig. 21c,f): superficie lisa; color amarillo claro; delgado (Cuadro 8). Trocánter sin protuberancias. Dedo fijo de la quela con 18 macrodentículos y nueve o diez microdentículos, y dedo móvil ocho o diez macrodentículos y tres microdentículos apenas distinguibles. Dedo fijo con nueve tricobotrias (tricobotria *xs* presente) y móvil con cuatro; espina en posición retrolateral en la base del dedo fijo (Fig. 21j). Aparato de veneno ausente.

Carapacho: Superficie lisa; sin surcos; forma cuadrangular (aproximadamente igual de largo que ancho) color amarillo claro; cuatro ocelos, los anteriores corneados y los posteriores planos (Fig. 21a, d); epistoma sub-triangular flanqueado por dos sedas; margen anterior con cuatro sedas y posterior con dos.

Coxas: coxa de pedipalpos con 4–5 (♀), 5 (♂) sedas, con proceso anterio-medial largo con dos sedas; quetotaxia de coxas I–IV: 3: 4: 5: 5 (♂,♀). Coxa I y IV del mismo ancho. Cada coxa II con seis a siete espinas.

Patatas: Superficie lisa; sedas acuminadas. Patas III y IV sin sedas táctiles. Uñas del tarso simples; arolio más corto que uñas.

Opistosoma: superficie de tergitos y esternitos lisa; color amarillo claro. Quetotaxia de tergitos: 4:4:4:4:6:6:6:6:4:2 (♂, ♀). Quetotaxia de esternitos: 0: (2)9–10(2): (1) 18 (1): 6: 10: 9: 9: 9: 6: 2 (♂, ♀). Membrana pleural estriada.

Genitalia: opérculo anterior del macho con nueve a diez sedas y posterior con 18–20; opérculo anterior de la hembra con nueve a diez sedas y posterior con cinco a seis. Genitalia del macho como en la figura 21g.

Ejemplares recolectados: 68 machos, 27 hembras y 27 ninfas.

Nota: Esta especie se encontró principalmente en hojarasca.

## *Tyrannochthonius* sp02

Figs. 22 a-j

Diagnosis: Esta especie es muy similar a *Tyrannochthonius* sp01, pero se puede distinguir por los siguientes caracteres: carapacho de forma trapezoidal y color marrón (Fig. 22a,d), a diferencia de *T.* sp01 que es cuadrangular y de color amarillo claro; el número de dientes en los dedos de la quela del pedipalpo: el dedo fijo de la quela con 18-20 macrodentículos y seis o siete microdentículos, dedo móvil con 11 macrodentículos, y dos o tres microdentículos apenas distinguibles; mientras que *T.* sp01 presenta seis o siete microdentículos en el dedo fijo y ocho o diez macrodentículos en el dedo móvil; finalmente es más pequeña: el largo de la quela con pedicelo es de 0.47-0.55 mm (♀), 0.42-0.53 mm (♂), mientras que en *T.* sp01 es de 0.53-0.58 mm (♂), 0.56-0.64 mm (♀). Además se puede distinguir de otros miembros del género como sigue: carapacho con cuatro ocelos, los anteriores corneados y los posteriores planos (Fig. 22a, d), mientras que *T. intermedius* y *T. volcanus* presentan cuatro ocelos corneados, y *T. pallidus*, *T. troglobius* y *T. volcancillo* sólo dos. El espistoma es sub-triangular y está flanqueado por dos sedas, a diferencia de *T. troglobius* que es pequeño y redondeado y el de *T. vampirorum*, *T. volcancillo* y *T. volcanus* que es muy pequeño o ausente. El rallum del quelícero posee ocho sedas barbuladas (Fig. Xi), a diferencia de *T. intermedius* y *T. tlilapanensis* que tienen seis o siete sedas. El número de dientes en los dedos de la quela es menor al de las especies antes mencionadas: dedo fijo de la quela con 18-20 macrodentículos y seis o siete microdentículos, dedo móvil con 11 macrodentículos, y dos o tres microdentículos apenas distinguibles. La coxa II tiene cinco o seis espinas, mientras que las otras especies presentan de ocho a 11. La quetotaxia de los tergitos es 4:4:4:4:6:6:6:6:4:2, mientras que las demás especies poseen cuatro sedas en los primeros cinco (*T. intermedius*, *T. vampirorum*, *T. volcancillo*) o seis tergitos (*T. pallidus*, *T. troglobius*) y difiere considerablemente de *T. volcanus* que posee dos sedas en los primeros tergitos. Adicionalmente, *Tyrannochthonius* sp02 es de tamaño menor que las demás especies: el largo de la quela con pedicelo es de 0.47-0.55 mm (♀), 0.42-0.53 mm (♂), mientras que en *T. pallidus*, *T. intermedius*, *T. tlilapanensis*, *T. troglobius*, *T. vampirorum* y *T. volcancillo* la quela es del doble o más y en *T. volcanus* es de 0.85 (♀) y 0.76 (♂).

### Descripción:

Quelícero (Fig. 22h): mano con cinco sedas acuminadas; tres lirifisuras dorsales y una ventral. Dedo móvil con una seda acuminada (*gs*), y nueve dientes en la mitad terminal; dedo fijo con un diente grande y seis dientes pequeños. Galea como una pequeña elevación en el dedo móvil. Rallum con ocho sedas barbuladas. Serrula exterior con 12-14 lamelas.

Pedipalpo (Fig. 22c,f): superficie lisa, color amarillo claro; delgado (Cuadro 8). Trocánter sin protuberancias. Dedo fijo de la quela con 18-20 macrodentículos y seis o siete microdentículos, dedo móvil con 11 macrodentículos, y dos o tres microdentículos apenas distinguibles. Dedo fijo con nueve tricobotrias (tricobotria *xs* presente) y móvil con cuatro; espina en posición retrolateral en la base del dedo fijo (Fig. 22j). Aparato de veneno ausente.

Carapacho: superficie lisa, sin surcos, forma trapezoidal (mas largo en la región frontal, ligeramente más ancho que largo) color marrón; cuatro ocelos, los anteriores corneados y los posteriores planos (Fig. 21a,d); epistoma sub-triangular flanqueado por dos sedas; margen anterior con cuatro sedas y posterior con dos; dos lirifisuras en la línea ocular.

Coxas: coxa de pedipalpos con 5 (♀,♂) sedas, con proceso antero-medial largo con dos sedas; quetotaxia de coxas I–IV: 3: 4: 5: 5 (♀,♂). Coxa I y IV del mismo ancho. Cada coxa II con cinco a seis espinas.

Patas: superficie lisa; sedas acuminadas. Patas III y IV sin sedas táctiles. Uñas del tarso simples; arolio más corto que uñas.

Opistosoma: superficie de tergitos y esternitos lisa; tergitos color amarillo y esternitos color amarillo claro. Quetotaxia de tergitos: 4: 4: 4: 4: 6: 6: 6: 6: 4: 2 (♂,♀). Quetotaxia de esternitos: 0: (2) 9-10 [x] (2): (2) 24–26 (2): 6: 6: 7–8: 8: 8: 8-9: 6: 2 (♂), 0: (2) 8 (2): (2) 8 (2): 7: 8: 8: 7: 7: 6: 6: 2 (♀). Membrana pleural estriada.

Genitalia: opérculo anterior del macho con nueve a diez sedas y posterior con 24–26; opérculo anterior de la hembra con ocho sedas y dos lirifisuras, posterior con siete a ocho. Genitalia del macho como en la figura 22g.

Ejemplares recolectados: 49 machos, 36 hembras y 10 ninfas.

Nota: Esta especie se encontró principalmente en hojarasca.

### **Ideoroncidae Chamberlin, 1930**

Diagnosis: Presencia de múltiples tricobotrias en la quela, con 19 o más en la mano y dedo fijo, y 10 o más en el dedo móvil; lirifisura media maxilar situada sub-basalmente en la coxa del pedipalpo, saco genital medio del macho dividido (Harvey y Muchmore, 2013).

Composición y distribución: Esta familia incluye 59 especies en 10 géneros, las cuales se han registrado en la parte tropical de África, Asia, Sudamérica y en el oeste de Norteamérica (Harvey, 2013b).

#### *Pseudalbiorix* Harvey, Barba, Muchmore y Pérez, 2007

Diagnosis: Presencia de un cóndilo alargado y bifurcado en la región retrolateral de la quela (Harvey *et al.*, 2007).

Composición y distribución: Este género incluye cuatro especies en Centroamérica, Cuba y México. Para nuestro país se han reportado dos especies en los estados de Oaxaca, Chiapas y Veracruz (Harvey *et al.*, 2007; 2013b).

#### *Pseudalbiorix reddelli* (Muchmore, 1982)

*Albiorix reddelli* Muchmore, 1982f: 77, Figs. 37-40. Assoc. Mexican Cave Stud. Bull.

Figs. 23 a-j

Diagnosis: *Pseudalbiorix reddelli* se diferencia de otras especies por los dientes del dedo fijo de la quela los cuales son cortos, triangulares y retraídos hacia atrás (Fig. 23j), mientras que en las especies *P. muchmorei* Barba y Pérez, 2007 y *P. armasi* Barba y Pérez, 2007 son largos y erectos, y en *P. veracruzensis* (Hoff, 1945) son arqueados. También difiere de *P. veracruzensis* al ser de tamaño mayor (quela con pedicelo mayor a 1.20 mm en *P. reddelli* y menor en *P. veracruzensis*) (Harvey *et al.*, 2007).

Descripción:

Quelícero (Fig. 23h): mano con seis o siete sedas acuminadas; dos liris dorsales. Dedo móvil con una seda acuminada (*gs*), y cuatro a cinco dientes apicales. Galea larga y delgada, sin ramificación. Rallum con cuatro sedas gruesas y dentadas. Sérrula exterior con 14–15 lamelas.

Pedipalpo (Fig. 23c,f): superficie lisa, dedos de la quela color rojizo, lo demás color marrón; relativamente largos y delgados (Cuadro 8). Trocánter sin protuberancia media. Dedo fijo con 27 dientes cortos, triangulares y retraídos hacia atrás. Dedo fijo con 20 tricobotrias y móvil con 10: región *eb* con una tricobotria, región *est* con seis, región *ib* con cuatro, región *ist* con cinco, región *b* con dos y región *t* con seis (Fig. 23j). Aparato de veneno en ambos dedos, con *nodus ramosus* proximal a región *est* en el dedo fijo y proximal a región *t* en el dedo móvil. Cóndilo de la quela bifurcado.

Carapacho: Superficie lisa; color marrón; un par de ocelos corneados; con cuatro sedas en margen anterior y cuatro en margen posterior; sin surcos transversales. Dos liris en la línea ocular. Epistoma reducido.

Coxas: coxa de pedipalpos con dos sedas apicales; quetotaxia de coxas I–IV: 3: 5: 5: 5 (♂); 5: 5: 5: 5 (♀). Coxas I y IV del mismo ancho.

Patas: Superficie lisa; sedas acuminadas. Tarso con seda subterminal trifurcada. Uñas del tarso simples; arolio no dividido, más largo que uñas.

Opistosoma: superficie de tergitos y esternitos lisa, color marrón; tergitos no divididos, esternitos medios con división inconspicua. Quetotaxia de tergitos: 2: 4: 6: 8: 9: 11: 10: 9: 9: 9 (incluyendo 2 sedas táctiles): 7: 2 (♂), 2: 4: 5: 7: 9: 10: 9: 9: 10: 8: 7: 2 (♀). Quetotaxia de esternitos: 6: (2) 2 [4] (2): (2) 6 (2): 11: 12: 12: 12: 11: 11: 9: 2 (♂), 6: (2) 3 (2): (2) 4 (2): 10: 9: 11: 11: 12: 8: 2 (♀). Membrana pleural estriada.

Genitalia: opérculo anterior del macho con ocho sedas y posterior con siete a ocho; opérculo anterior de la hembra con tres sedas y posterior con cuatro. Genitalia del macho como en la figura 23g.

Distribución: Esta especie se encuentra registrada para México en los estados de Oaxaca y Chiapas (Harvey *et al.*, 2007).

Ejemplares recolectados: Cinco machos, cinco hembras y 44 ninfas.

Nota: Este es el primer registro de la especie para el estado de Veracruz. Los ejemplares se recolectaron en hojarasca y debajo de corteza de árboles vivos.

### **Syarinidae Chamberlin, 1930**

Diagnosis: Aparato de veneno ausente del dedo móvil de la quela; modificaciones en la forma u orientación de la tricobotria *t* (excepto en el género *Hadoblothrus*) (Harvey, 1992; Zaragoza, 2010).

Composición y distribución: Esta familia abarca 113 especies (incluyendo 6 subespecies), en 17 géneros y cuatro subfamilias: Arcanobisiinae, Chitrellinae, Ideobisiinae y Syarininae. Se distribuyen en todo el mundo, aunque el mayor número de registros corresponde a Norteamérica. Habitan principalmente en suelo y hojarasca, así como en cuevas (Harvey, 2013b).

Notas: Este es el primer registro de la familia para el estado de Veracruz.

*Ideoblothrus* Balzan, 1892

Diagnosis: Ocelos ausentes, membrana pleural granulo-estriada cerca del prosoma, la demás estriada; segmentos del pedipalpo lisos con gránulos finos en el lado flexor del fémur, patela y mano de la quela; tricobotria *ib*, *isb*, *esb* y *eb* ubicadas en una línea oblicua cerca de la base del dedo fijo de la quela, *ib* ubicada en los dedos de la quela; fémur y patela IV divididos por una sutura recta en el margen dorsal; sutura del fémur ligeramente oblicua al eje longitudinal; arolio igual o más largo que las uñas; sedas de la región genital del macho en dos grupos triangulares de tres; saco genital medio del macho como un solo saco ovoide (Muchmore, 1982; Harvey y Edward, 2007).

Composición y distribución: Es el género más diverso de la familia, con 43 especies y dos subespecies (Harvey, 2013b). Se ha registrado para África, Asia, América y Australia (Muchmore 1982; Harvey 1991b). La gran mayoría habitan en selvas tropicales en suelo u hojarasca. Sólo cinco especies se han encontrado en cuevas (Harvey y Edward, 2007). En México se conocen cuatro especies en los estados de Chiapas, Yucatán y Tamaulipas, tres de éstas son especies hipógeas (Ceballos, 2004).

*Ideoblothrus mexicanus* (Muchmore, 1972)

*Pachychitra mexicana* Muchmore, 1972: 262-264, figs 1-3.

Figs. 24 a-j

Diagnosis: Esta especie se puede distinguir fácilmente de los otros miembros del género por su tamaño menor: el largo del fémur es de 0.28-0.36 (♂), 0.30–0.35 (♀), y quela sin pedicelo 0.52–0.57 (♂), 0.54–0.57 (♀); mientras que en *I. maya* (Chamberlin, 1938) el femur mide 0.56 (♀) y la quela sin pedicelo 0.96 (♀); en *I. grandis* (Muchmore, 1972) el fémur mide 0.76 (♀) y la quela sin pedicelo 1.22 (♀), y en *I. vampirorum* Muchmore, 1982 el femur es de 0.38 (♂) y la quela sin pedicelo de 0.63 (♂). Esta especie además difiere de *I. vampirorum* en la forma de la quela menos alargada. Cabe destacar que las tres especies mencionadas habitan en ambientes hipógeos, mientras que *I. mexicanus* se ha reportado para hojarasca.

Descripción:

Quelícero (Fig. 24h): mano con seis sedas acuminadas, todas largas excepto *es*; una lirifisura dorsal. Dedo móvil con una seda acuminada (*gs*), y cuatro dientes apicales. Dedo fijo con nueve a diez dientes pequeños. Galea corta, sin ramificaciones. Rallum con cinco sedas gruesas de igual longitud, todas acuminadas. Sérrula exterior con 20–25 lamelas.

Pedipalpo (Fig. 24c,f): superficie lisa, trocánter y fémur de color amarillo-rojizo, lo demás rojo; relativamente grueso (Cuadro 8). Trocánter sin protuberancia media. Dedo fijo con 25–31 (♀, ♂) dientes marginales. Dedo móvil con 37–40 (♀, ♂) dientes marginales. Dedo fijo con ocho tricobotrias y móvil con cuatro; aparato de veneno en dedo fijo con *nodus ramosus* muy corto, a la mitad de distancia entre *et* y la punta del dedo (Fig. 24i). Dedo fijo con tres a cuatro sedas lanceoladas.

Carapacho: Superficie lisa; color amarillo-rojizo; sin ocelos; con cuatro sedas en margen anterior y cinco en margen posterior; sin surcos transversales. Epistoma triangular pequeño.

Coxas: coxa de pedipalpos con nueve sedas (♂, ♀); proceso antero-medial con dos sedas largas; quetotaxia de coxas I–IV: 4: 6: 3: 7 (♂, ♀). Coxa I y IV del mismo ancho.

Patas: Superficie lisa; sedas acuminadas. Tarso de patas III y IV con seda táctil en posición basal. Uñas del tarso simples; arolio ligeramente más corto que uñas.

Opistosoma: superficie de tergitos y esternitos lisa; color amarillo; tergitos no divididos, esternito IV dividido, los demás completos. Quetotaxia de tergitos: 7: 7: 9: 9: 9: 9: 9: 9: 7: 2: 2 (♂, ♀). Quetotaxia de esternitos: 12: (2)2-3/6(2): (2)8(2): 13: 14: 13: 13: 12: 11: 6: 2 (♀), 0: (3)17-19(3): (2)12-13(2): 8: 9: 9: 8: 8: 8: 9: 6 (incluyendo 2 sedas táctiles): 2 (♂). Membrana pleural estriada.

Genitalia: opérculo anterior del macho con 17-19 sedas y posterior con 12-13; opérculo anterior de la hembra con ocho a nueve sedas y posterior con seis a ocho. Genitalia del macho con dos sacos laterales y uno medio (Fig. 24g).

Distribución: Rancho del Cielo, Tamaulipas, México (Muchmore, 1972b).

Ejemplares recolectados: 21 machos, 22 hembras y 16 ninfas.

Nota: Todos los ejemplares se encontraron en hojarasca.

### **Atemnidae Kishida, 1929**

Diagnosis: Aparato de veneno ausente en el dedo móvil de la quela, diente terminal del dedo fijo modificado para formar un receptor mas o menos distintivo; sin dientes accesorios; rallum generalmente compuesto por cuatro sedas, raramente por tres; sedas del quelícero *b* y *sb* (si están presentes) no tan desarrolladas como *is* y *ls* y nunca clavadas; tergitos enteros, algunas veces divididos; sacos genitales del macho reducidos o ausentes, nunca eversibles; ocelos generalmente ausentes, a veces desarrollados (Chamberlin, 1931; Harvey, 1992).

Composición y distribución: Esta familia incluye 183 especies (y 10 subespecies) en 22 géneros y dos subfamilias: Atemninae y Miratemninae. Es de distribución cosmopolita, pero se ha registrado principalmente en Asia y el Sur de África (Harvey, 2013b).

#### *Paratemnoides* Harvey, 1991

Diagnosis: Carapacho liso, sin surcos ni granulación; pedipalpos robustos, lisos o granulados en la cara interna, fémur y trocánter por lo general de color más claro que el resto, pedicelo de la tibia corto y grueso, tricobotria *it* del dedo fijo cerca al centro del dedo y siempre más lejos de la punta del dedo que la distancia entre *ist* e *isb*, tricobotria *st* del dedo móvil más cerca de *sb* que de *t*; tergitos divididos incompletamente; tarso IV con seda táctil en posición basal (Beier, 1932e).

Composición y distribución: Este género incluye 32 especies y dos subespecies alrededor de todo el mundo. Pero se encuentra mejor representado en el sur y sureste Asiático (Harvey, 2013b). Para México se encuentran reportadas las especies *P. elongatus* (Banks, 1895) en Chiapas y Tabasco y *P. nidificator* (Balzan, 1888) en Veracruz.

#### *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888)

*Chelifer nidificator* Balzan, 1888: sin páginas.

Figs. 25 a-j

Diagnosis: *Paratemnoides nidificator* es similar a la otra especie del género *P. elongatus*. Pero se puede diferenciar por la ausencia de ojos en *P. elongatus*; la tibia y tarso de la pata IV más robustos (tibia 2.7 y tarso 2.96 veces más largos que anchos en *P. elongatus*, y 2.92 y 3.30 en *P. nidificator*); y el pedipalpo ligeramente más delgado (quela 2.7 veces más larga que ancha en *P. elongatus* y 2.51–2.61 en *P. nidificator*).

#### Descripción:

Quelícero (Fig. 25h): mano con cuatro sedas, *b* dentada, las demás acuminadas; dos lirifisuras dorsales. Dedo móvil con una seda acuminada (*gs*), y dos dientes apicales. Galea con cinco a seis ramas. Rallum con cuatro sedas, la más larga dentada, las demás acuminadas. Sérrula exterior con 22–25 lamelas.

Pedipalpo (Fig. 25c,f): superficie finamente granulada; trocánter y fémur color amarillo, lo demás rojo; relativamente grueso (Cuadro 8). Trocánter con protuberancia media. Dedo fijo con 30–35 dientes marginales. Dedo móvil con 47–51 dientes marginales. Dedo fijo con ocho tricobotrias y móvil con cuatro (Fig. 25j). Aparato de veneno en dedo fijo con *nodus ramosus* proximal a tricobotria *et*.

Carapacho: superficie lisa; color marrón; un par de ocelos; con cuatro sedas en margen anterior y ocho en margen posterior; sin surcos transversales. Cinco a seis lirifisuras en el margen posterior.

Coxas: coxa de pedipalpos con 23 (♀), 20-21 (♂) sedas y una seda táctil; quetotaxia de coxas I–IV: 7:10:6:25 (♂); 9:5:10:20 (♀). Coxa I y IV del mismo ancho.

Patas: Superficie lisa; sedas acuminadas. Tarso de patas III y IV con seda táctil en posición basal. Uñas del tarso simples; arolio más corto que uñas.

Opistosoma: superficie de tergitos y esternitos lisa; color marrón. Quetotaxia de tergitos: 10: 10: 8: 10: 12: 12: 12: 12: 12: 12: 12: 12: 12 (incluyendo 4 sedas táctiles): 2 (♂), 8: 8: 8: 10: 12: 14: 12: 12: 12: 14: 10: 2 (♀). Quetotaxia de esternitos: 0: (3)12-13(3): (2) 6-7 (2): 8: 16: 16: 16: 16: 16 (incluyendo 2 sedas táctiles): 12 (incluyendo 4 sedas táctiles): 2 (♂); 0: (3)12 (3): (3) 6-7 (3): 6: 14: 12: 12: 14: 14 (incluyendo 2 sedas táctiles): 11 (incluyendo 4 sedas táctiles): 2 (♀). Tergitos I–IV completos, los demás divididos incompletamente, esternitos divididos incompletamente. Membrana pleural estriada.

Genitalia: opérculo anterior del macho con 12–13 sedas y posterior con seis a siete; opérculo anterior de la hembra con 12 sedas y posterior con seis a siete. Espermateca de la hembra en forma de un saco ovoide (Fig. 25h).

Distribución: Esta especie está registrada desde México hasta Argentina (Harvey, 2013b).

Ejemplares recolectados: Dos machos, seis hembras y 21 ninfas.

Nota: Esta especie se encontró bajo corteza de árboles en agregaciones de varios individuos (incluyendo estadíos ninfales).

Cuadro 8. Proporción (largo/ancho en mm) de los artejos del pedipalpo, carapacho y longitud (mm) del dedo de la quela de cada especie.

	Especie	Trocánter	Fémur	Patela	Quela con pedicelo	Quela sin pedicelo	Dedo móvil	Carapacho	N
1	Chernetidae sp01 ♂	0.55-0.66/ 0.35-0.38	0.88-1.12/ 0.37-0.40	1.00-1.18/ 0.41-0.48	1.68-1.87/ 0.59-0.68	1.61-1.76/ 0.59-0.68	0.71- 0.83	1.10-1.27/ 1.09-1.16	5
	Chernetidae sp01 ♀	0.50-0.60/ 0.31-0.35	0.83-1.01/ 0.33-0.27	0.90-0.10/ 0.38-0.42	1.70-1.85/ 0.53-0.62	1.55-1.74/ 0.53-0.62	0.68- 0.88	1.09-1.22/ 1.01-1.2	5
2	<i>Hexachernes</i> cf. <i>pennatus</i> ♂	0.84-0.87/ 0.46-0.47	1.57-1.75/ 0.50-0.56	1.69-2.05/ 0.57-0.64	2.88-3.07/ 0.97-1.10	2.66-2.82/ 0.97-1.10	1.30- 1.43	1.51-1.66/ 1.42-1.47	2
	<i>Hexachernes</i> cf. <i>pennatus</i> ♀	0.81-0.84/ 0.48-0.50	1.35-1.40/ 0.51-0.54	1.60-1.71/ 0.58-0.60	2.74-2.97/ 1.08-1.10	2.52-2.71/ 1.08-1.10	1.23- 1.35	1.56-1.69/ 1.32-1.41	2
3	<i>Tyrannochthonius</i> sp01 ♂	0.11-0.14/ 0.07	0.31-0.40/ 0.07-0.08	0.11-0.15/ 0.07-0.08	0.53-0.58/ 0.09-1.05	0.50-0.57/ 0.09-1.05	0.32- 0.37	0.28-0.32/ 0.27-0.32	9
	<i>Tyrannochthonius</i> sp01 ♀	0.13-0.15/ 0.07-0.08	0.34-0.47/ 0.08-0.1	0.17-0.19/ 0.09-0.1	0.56-0.64/ 0.11-0.13	0.55-0.64/ 0.11-0.13	0.35- 0.43	0.30-0.34/ 0.30-0.40	9
4	<i>Tyrannochthonius</i> sp02 ♂	0.10-0.13/ 0.05-0.07	0.29-0.36/ 0.06-0.07	0.11-0.15/ 0.07-0.08	0.42-0.53/ 0.08-0.10	0.41-0.52/ 0.08-0.10	0.27- 0.35	0.26-0.30/ 0.27-0.30	9
	<i>Tyrannochthonius</i> sp02 ♀	0.11-0.15/ 0.06-0.07	0.31-0.36/ 0.07-0.09	0.12-0.17/ 0.08-0.1	0.47-0.55/ 0.10-0.12	0.44-0.54/ 0.10-0.12	0.29- 0.34	0.27-0.31/ 0.31-0.34	9
5	<i>Pseudalbiorix</i> <i>reddelli</i> ♂	0.21-0.31/ 0.09-0.13	0.65-0.74/ 0.17-0.19	0.44-0.48/ 0.16-0.18	1.14-1.23/ 0.28-0.31	1.08-1.17/ 0.28-0.31	0.54- 0.68	0.52-63/ 0.48-0.59	5
	<i>Pseudalbiorix</i> <i>reddelli</i> ♀	0.26-0.30/ 0.14-0.17	0.72-0.77/ 0.14-0.21	0.47-0.52/ 0.17-0.20	1.33-1.36/ 0.32-0.34	1.27-1.34/ 0.32-0.34	0.65- 0.71	0.59-0.65/ 0.59-0.64	5
6	<i>Ideoblothrus</i> <i>mexicanus</i> ♂	0.16-0.19/ 0.10	0.28-0.36/ 0.12-0.14	0.28-0.35/ 0.15-0.19	0.57-0.62/ 0.22-0.23	0.52-0.57/ 0.22-0.23	0.22- 0.29	0.35-0.45/ 0.33-0.37	5
	<i>Ideoblothrus</i> <i>mexicanus</i> ♀	0.18-0.21/ 0.10-0.13	0.30-0.35/ 0.13-0.14	0.31-0.34/ 0.15-0.17	0.59-0.62/ 0.22-0.24	0.54-0.57/ 0.22-0.24	0.22- 0.29	0.37-0.43/ 0.34-0.38	5
7	<i>Paratemnoides</i> <i>nidificator</i> ♂	0.39-0.48/ 0.22-0.30	0.66-0.78/ 0.32-0.37	0.69-0.72/ 0.36-0.41	1.25-1.42/ 0.48-0.51	1.22-1.34/ 0.48-0.51	0.54- 0.60	0.83-0.93/ 0.83-0.84	2
	<i>Paratemnoides</i> <i>nidificator</i> ♀	0.37-0.42/ 0.26-0.27	0.65-0.77/ 0.31-0.34	0.67-0.73/ 0.35-0.39	1.28-1.41/ 0.47-0.51	1.18-1.32/ 0.47-0.51	0.57- 0.63	0.85-1.02/ 0.78-0.98	5

En el caso de las especies *Tyrannochthonius* sp01 y *T.* sp02 se realizó una prueba t de Student para muestras independientes ( $\alpha=0.05$ , g.l.=17) a la longitud de la quela para probar que esta medida es significativamente diferente en cada especie. La prueba arrojó un valor de  $P=0.000000013$  (menor que  $\alpha$ ), por lo que concluimos que el tamaño de la quela es significativamente menor en la especie *Tyrannochthonius* sp02. Finalmente, la prueba F de Fisher ( $\alpha=0.05$ , g.l.<sub>1</sub>=17, g.l.<sub>2</sub>=17) arrojó un valor de 1.32, que al ser menor que el valor de la F de tablas (2.27) muestra que las varianzas son iguales.

## 5.6. Imágenes digitales estandarizadas e ilustraciones científicas.

Se obtuvieron 77 imágenes digitales y 28 ilustraciones científicas. De éstas se usaron 42 imágenes y todas las ilustraciones para realizar siete láminas correspondientes a las siete especies identificadas (Figs. 19-25).

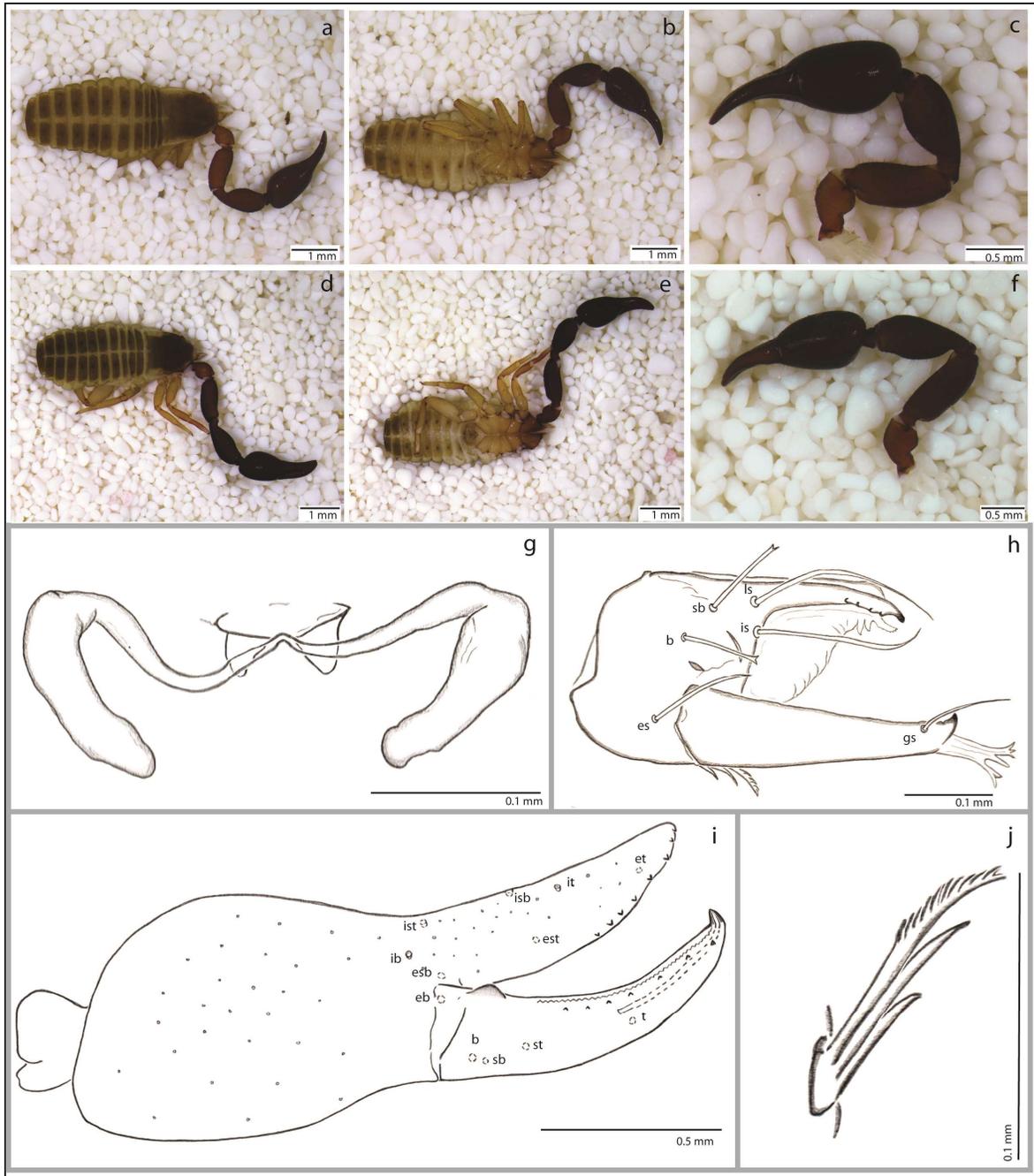


Figura 19. Chernetidae sp01. Hembra. a) Hábito dorsal (15x). b) Hábito ventral (15x). c) Pedipalpo ventral (40x). Macho d) Hábito dorsal (15x). e) Hábito ventral (15x). f) Pedipalpo ventral (30x). g) Espermateca (400x). h) Quelícero izquierdo dorsal (400x). i) Quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (100x). j) Rallum (400x).

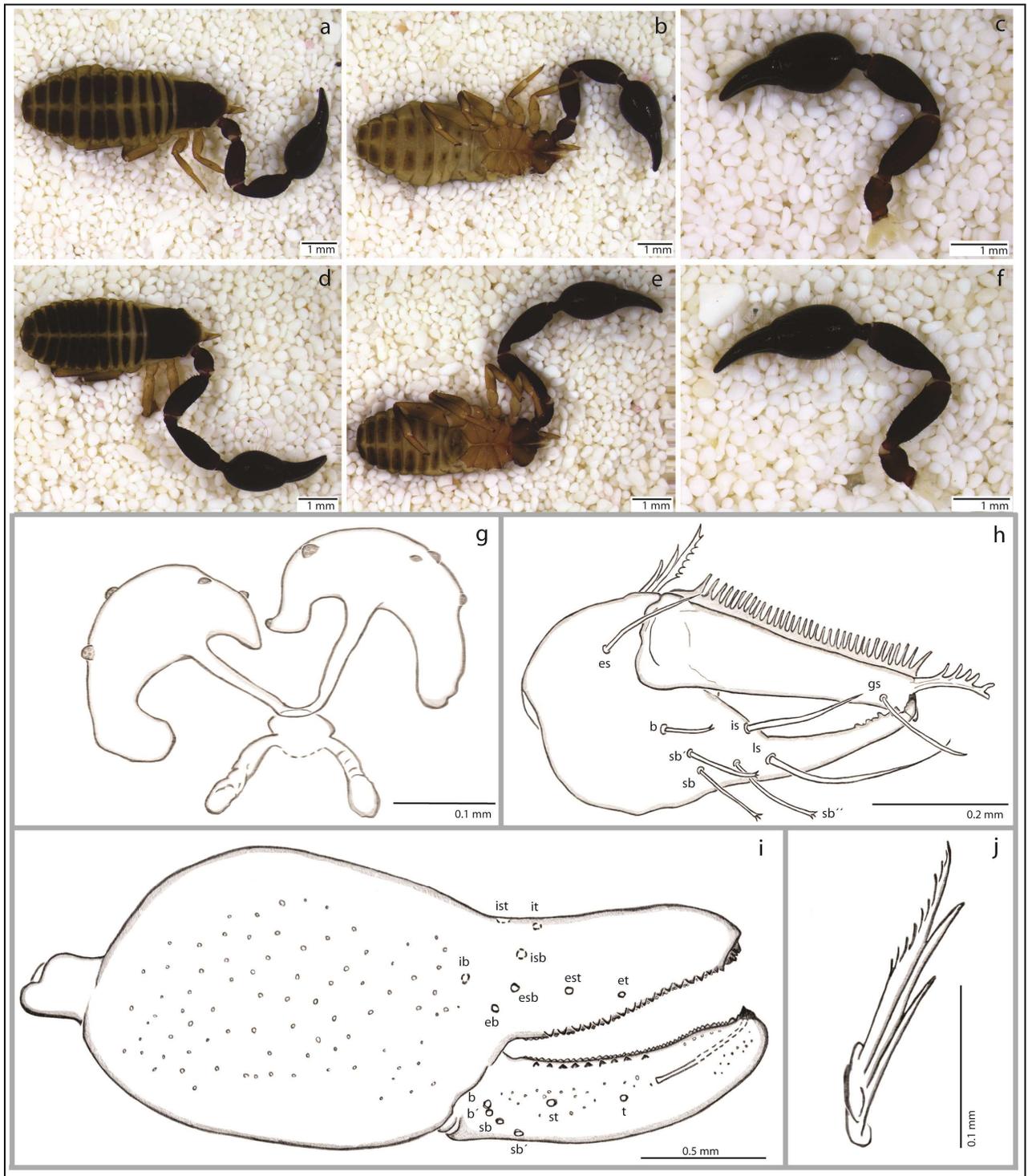


Figura 20. *Hexachernes cf. pennatus*. Hembra. a) Hábito dorsal (10x). b) Hábito ventral (10x). c) Pedipalpo ventral (20x). Macho d) Hábito dorsal (15x). e) Hábito ventral (15x). f) Pedipalpo ventral (20x). g) Espermateca (400x). h) Quelíçero izquierdo dorsal (200x). i) Quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (100x). j) Rallum (400x).

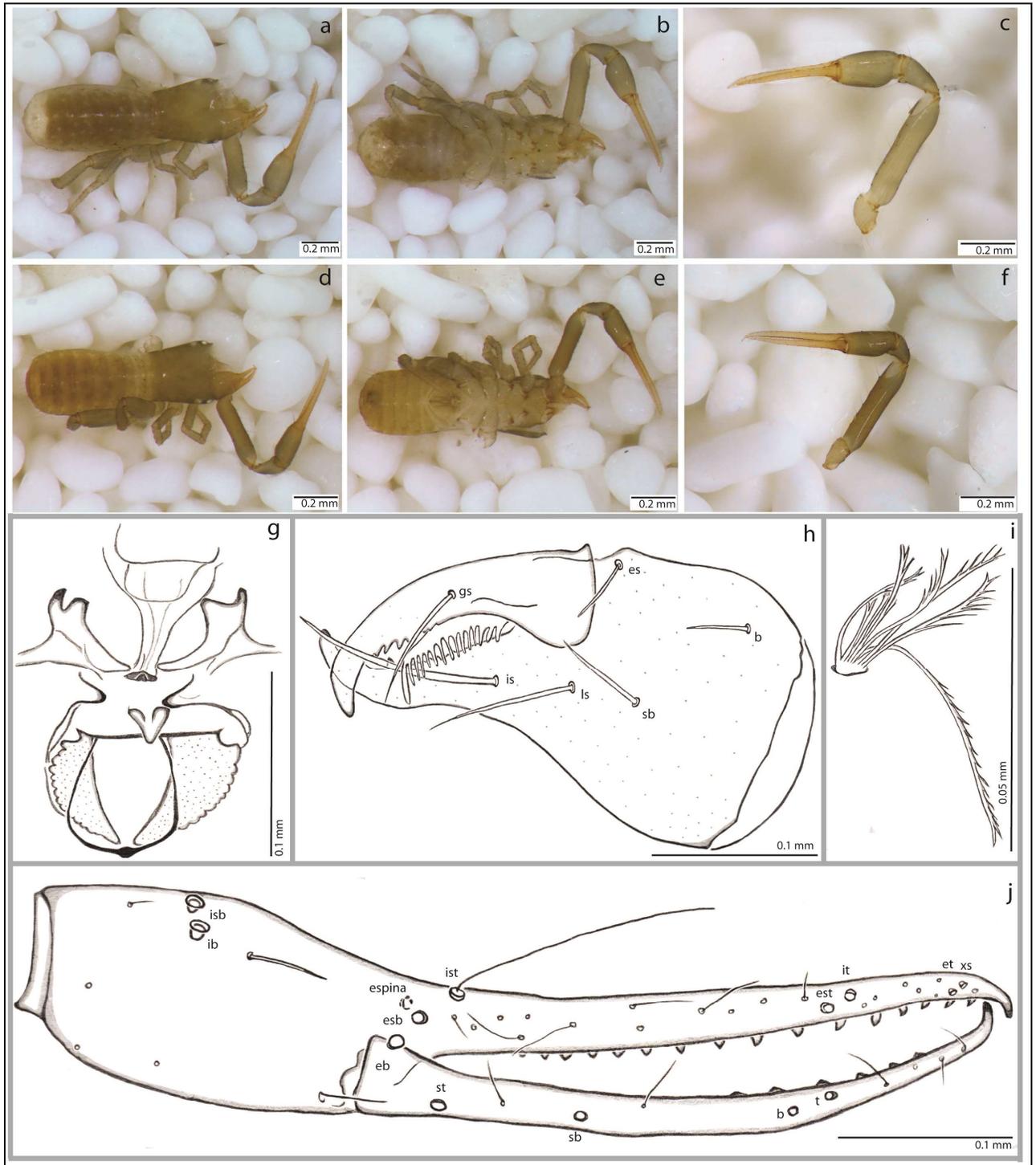


Figura 21. *Tyrannochthonius* sp01. Hembra. a) Hábito dorsal (70x). b) Hábito ventral (70x). c) Pedipalpo ventral (100x). Macho d) Hábito dorsal (80x). e) Hábito ventral (80x). f) Pedipalpo ventral (100x). g) Genitalia del macho (400x). h) Quelícero izquierdo dorsal (400x). i) Rallum (1000x). j) Quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (400x).

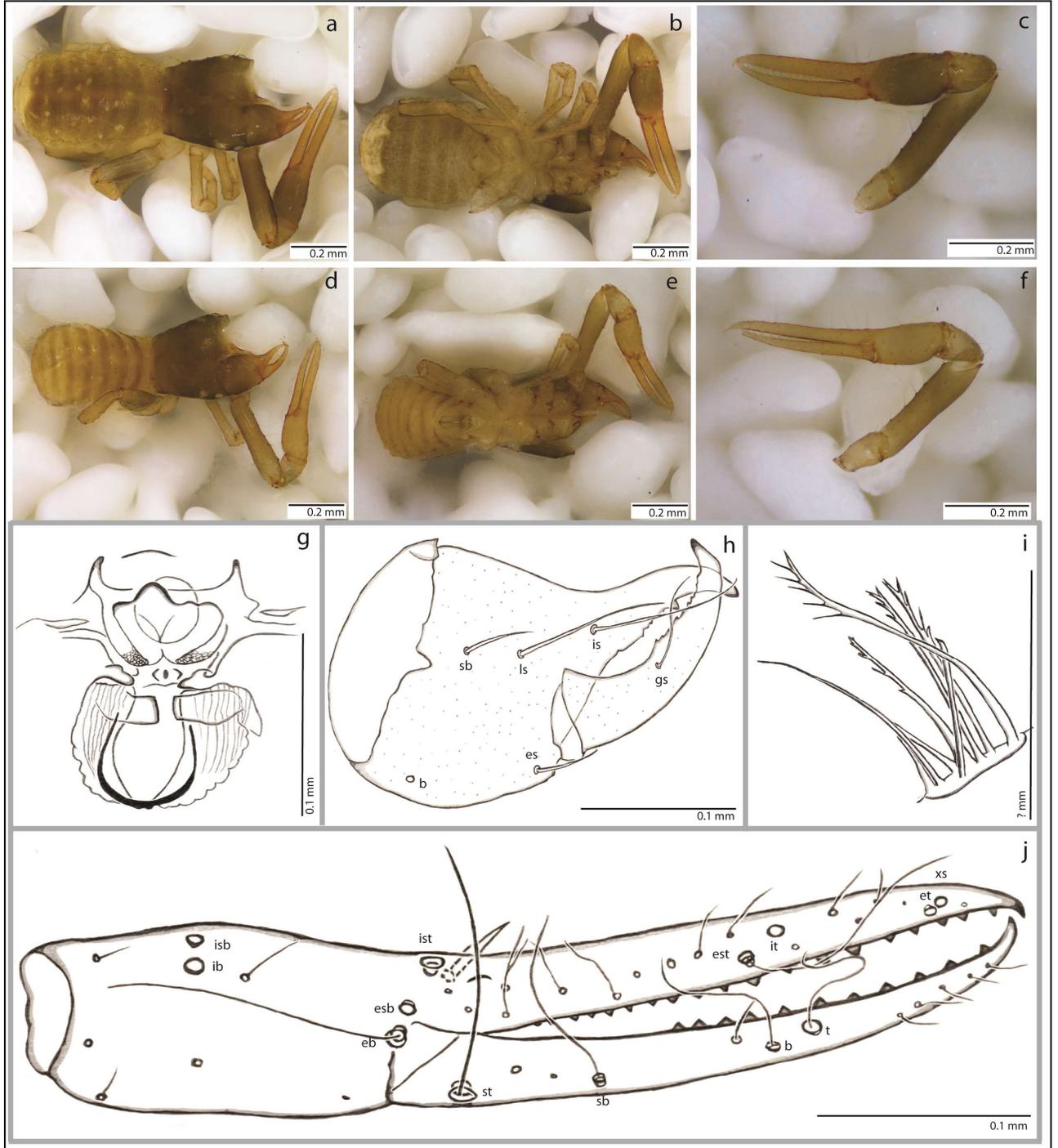


Figura 22. *Tyrannochthonius* sp02. Hembra. a) Hábito dorsal (100x). b) Hábito ventral (100x). c) Pedipalpo ventral (100x). Macho d) Hábito dorsal (100x). e) Hábito ventral (100x). f) Pedipalpo ventral (100x). g) Genitalia del macho (400x). h) Quelícero izquierdo dorsal (400x). i) Rallum (1000x). j) Quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (400x).

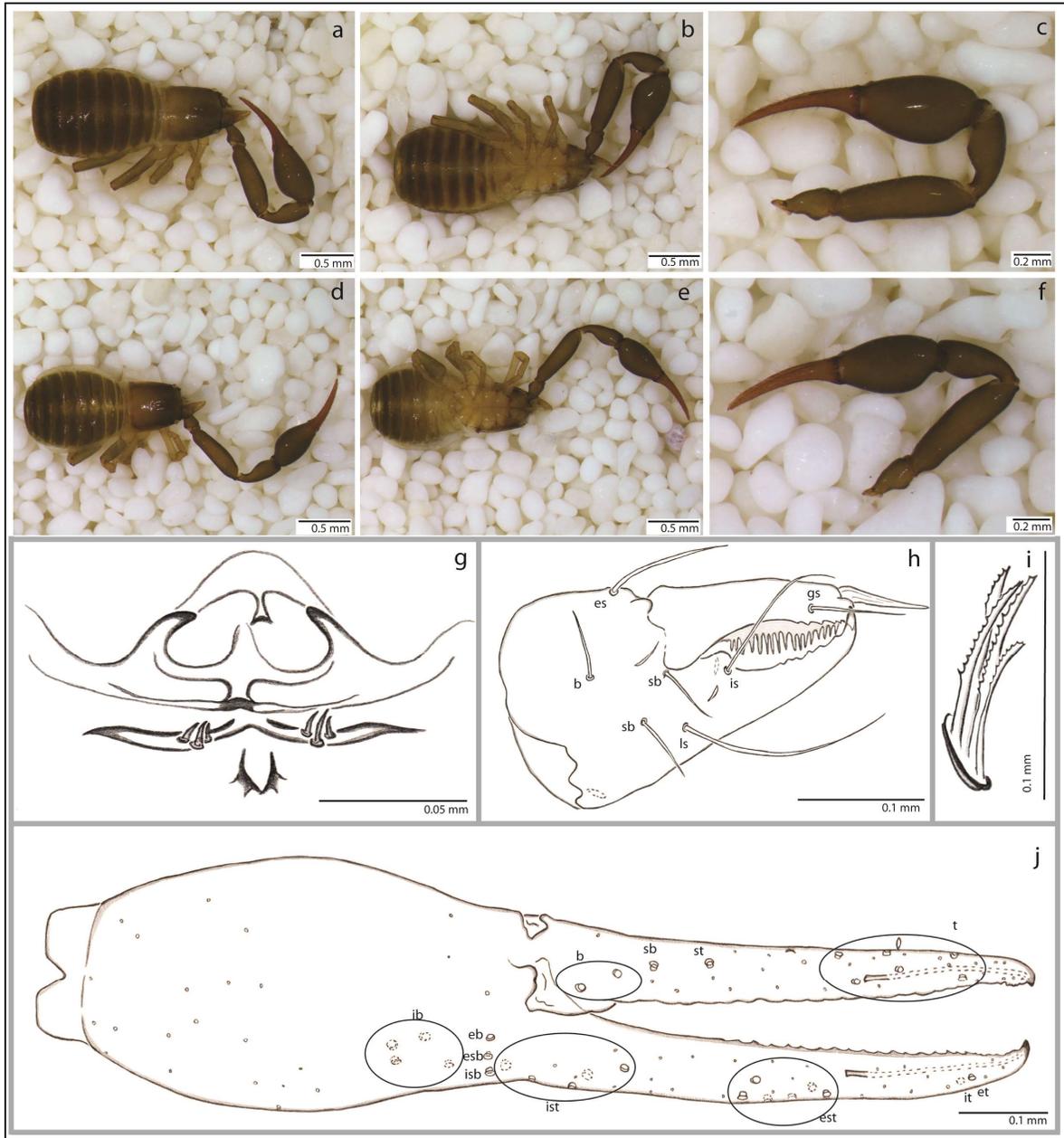


Figura 23. *Pseudalbiorix reddelli*. Hembra. a) Hábito dorsal (35x). b) Hábito ventral (35x). c) Pedipalpo ventral (70x). Macho d) Hábito dorsal (35x). Macho. e) Hábito ventral (35x). f) Pedipalpo ventral (70x). g) Genitalia del macho (400x). h) Quelicero izquierdo dorsal (400x). i) Rallum (400x). j) Quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (400x).

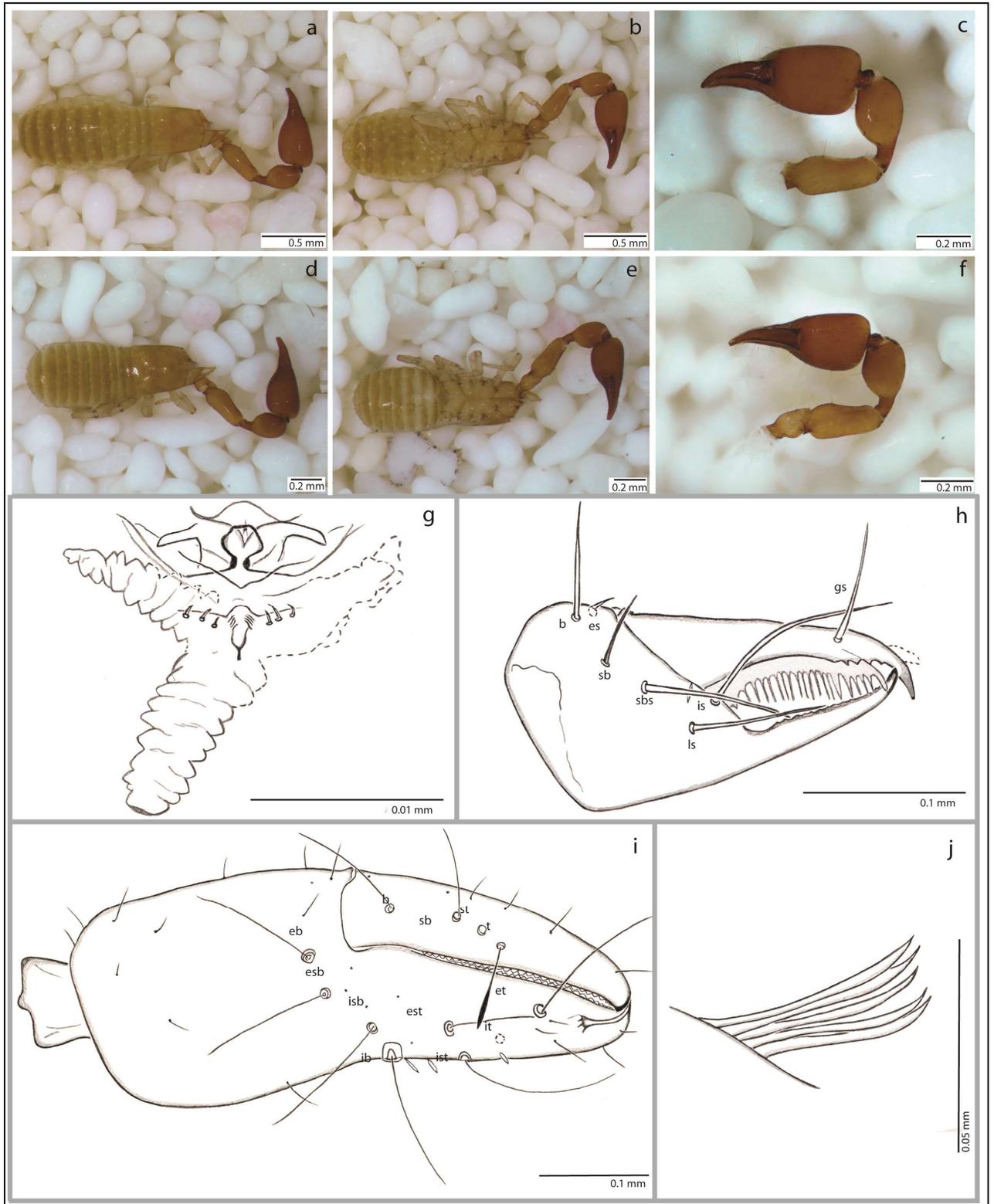


Figura 24. *Ideoblothrus mexicanus*. Hembra. a) Hábito dorsal (50x). b) Hábito ventral (50x). c) Pedipalpo ventral (100x). Macho d) Hábito dorsal (60x). e) Hábito ventral (60x). f) Pedipalpo ventral (100x). g) Genitalia del macho (400x). h) Quelícero izquierdo dorsal (400x). i) Quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (400x). j) Rallum (1000x).

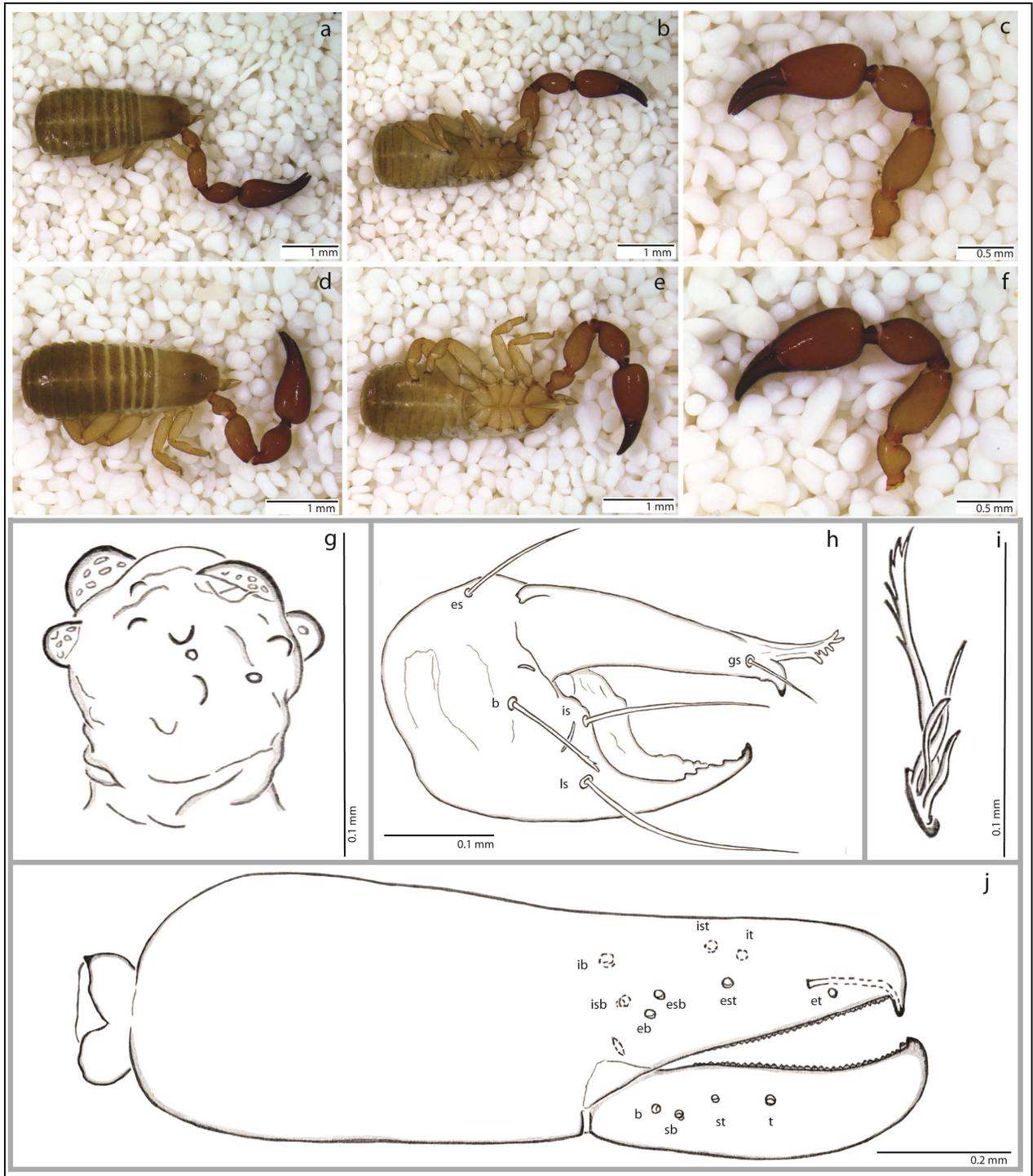


Figura 25. *Paratemnooides nidificator*. Hembra. a) Hábito dorsal (20x). b) Hábito ventral (20x). c) Pedipalpo ventral (40x). Macho d) Hábito dorsal (25x). e) Hábito ventral (25x). f) Pedipalpo ventral (40x). g) Espermateca (400x). h) Quelícero izquierdo dorsal (400x). i) Rallum (400x). j) Quela izquierda retrolateral y patrón de tricobotrias (200x).

## 6. Discusión

En la actualidad los avances tecnológicos están revolucionando la dinámica de los inventarios biológicos. Esto es indispensable para compartir y comparar la información obtenida en distintos proyectos, facilitar la identificación de ejemplares con la colaboración de científicos a nivel mundial y acelerar el ritmo de descripción de especies (Miller *et al.*, 2014), para ayudar a solventar el problema de la “Crisis de la biodiversidad” (Wilson, 1985). Esta tesis incorporó estas herramientas al hacer disponibles por internet ([www.unamfcaracnolab.com](http://www.unamfcaracnolab.com)) las imágenes e ilustraciones científicas obtenidas facilitando su futura comparación con otros inventarios faunísticos.

La Estación de Biología Tropical de Los Tuxtlas representa una de las regiones mejor estudiadas del neotrópico. A pesar de esto, algunos grupos permanecen prácticamente inexplorados. Tal es el caso de los arácnidos, específicamente del Orden Pseudoscorpiones, del que no existe un listado de especies para la localidad. Dos periodos de recolecta en este sitio fueron suficientes para encontrar un género y dos especies nuevas, así como nuevos registros incluyendo un género que no se había registrado desde 1953. Esto hace evidente la falta de estudios faunísticos de pseudoescorpiones en México.

Los estimadores de riqueza de especies indican que el inventario de pseudoescorpiones de vida libre para una hectárea en esta localidad está casi completo con 10 especies recolectadas. Sin embargo, para dar una aproximación de la diversidad de pseudoescorpiones en la reserva de Los Tuxtlas sería necesario trazar más cuadrantes siguiendo las metodologías propuestas en esta tesis; en particular Embudos de Berlese y búsquedas en hábitats crípticos. Adicionalmente, se deben aplicar metodologías específicas para capturar pseudoescorpiones foróntes que no fueron implementadas en este estudio (Hentschel, 1979; Villegas-Guzmán y Pérez, 2005a).

El método de recolecta más eficiente en cuanto a abundancia fue el embudo de Berlese-Tullgren, como ya se había encontrado en trabajos previos (Hoff, 1949; Piedra-Jiménez *et al.*, en prensa). Sin embargo, el método más eficiente en cuanto a riqueza fue la búsqueda en hábitats crípticos. Por esto se recomienda aplicar todos los métodos de recolecta para obtener una muestra más representativa de la población. Los estimadores de similitud muestran que no existen diferencias significativas en la composición de especies en relación a la estacionalidad, a pesar de que los periodos de colecta corresponden a la temporada de secas y de lluvias de la región. La prueba de Kruskal-Wallis tampoco arrojó diferencias en la riqueza y abundancia entre ambas expediciones. Esto puede deberse a que las especies están adaptadas a estos cambios en las condiciones de humedad, temperatura y profundidad de hojarasca. Sin embargo, hacen falta más periodos de recolecta para hacer éste análisis más robusto.

La contribución taxonómica al Orden incluye el descubrimiento de un género nuevo para Chernetidae y dos especies nuevas para *Tyrannochthonius*. La hipótesis filogenética de Murienne *et al.* (2008) resultó muy importante para evaluar la validez de estas contribuciones. Este análisis filogenético comprende una muestra taxonómica del 88% de las Familias del Orden y propone una clasificación para las Superfamilias y clados más basales. Los siguientes clados se recuperaron monofiléticos: Fealloidea, Chthonioidea, Cheiridioidea y Sternophoroidea; excepto Neobisioidea Cheliferoidea y Garypoidea. Las relaciones filogenéticas de cada Familia no fueron estudiadas con detalle debido a que este no era el objetivo principal de este estudio; sin embargo, la representación taxonómica a nivel de Familia resultó muy útil para asignar las especies aquí

discutidas además de someter a prueba la correspondencia de sexos. Sin embargo, aún se requiere un extensivo muestreo adicional así como el uso de filogenias multi-locus para esclarecer las relaciones inter e intra-familiares de este Orden.

Se amplió la distribución geográfica de *Hexachernes* para México y de la Familia Syariniidae para Veracruz. Todos estos registros aumentan el número de especies para México de 171 a 175 y de géneros de 67 a 69 (Harvey, 2013b, Harvey y Muchmore, 2013; Villegas-Guzmán, 2015; Piedra-Jiménez *et al.*, en prensa) y para el estado de Veracruz de 25 a 31 especies, de 18 a 21 géneros y de ocho a nueve familias (Ceballos, 2004 y Piedra-Jiménez *et al.*, en prensa). Adicionalmente se elaboró la descripción para las especies recolectadas, así como una clave dicotómica con el objetivo de facilitar su identificación en estudios posteriores. En esta descripción se incluyó información sobre la composición y riqueza, así como notas taxonómicas.

Finalmente se incluyeron algunos datos sobre la ecología de cada especie. *P. reddelli*, *I. mexicanus*, *Tyrannochthonius* sp01 y *T.* sp02 se encontraron principalmente en hojarasca. *P. nidificator*, Chernetidae sp01 y *H. cf. pennatus* se encontraron bajo corteza; en cuanto los taxones exclusivos de corteza se observó que los más grandes viven cerca de la base del árbol. Chernetidae sp01 se encontró sujeto a una mosca (Diptera: Micropezidae) en una colecta extra, por lo que se sugiere una relación de foresia con este insecto. *P. nidificator* se encontró en agregaciones de varios individuos incluyendo estadios ninfales bajo corteza de árboles. Esto coincide con estudios previos donde se propone como uno de los pocos arácnidos sociales (Tizo-Pedroso y Del-Claro, 2005, 2007). Chernetidae sp01 y *H. cf. pennatus* presentaron hembras con huevos en el segundo periodo de colecta, esto es, en la temporada de lluvias. Esto se puede relacionar, no sólo con un mayor grado de humedad, si no con una mayor disponibilidad de presas.

## 7. Conclusiones

1. Se registraron un total de 10 morfoespecies del Orden Pseudoscorpiones en una hectárea de selva alta perennifolia en la reserva de Los Tuxtlas. Esta muestra taxonómica incluye un género nuevo de Chernetidae, dos especies nuevas de *Tyrannochthoius*, un registro nuevo para México de *Hexachernes* y la Familia Syarinidae y *P. reddelli* son recolectados por primera vez en el estado de Veracruz. Solamente tres morfoespecies no pudieron ser determinadas debido a que sólo presentaban un ejemplar o estadios juveniles.
2. El método de colecta más eficiente en cuanto a abundancia fue el Embudo de Berlese-Tullgren, y el más eficiente en cuanto a riqueza fue la búsqueda en hábitats crípticos.
3. El uso de marcadores moleculares (Citocromo Oxidasa I) permitió someter a prueba la asignación de los taxa nuevos a sus respectivas familias y la correspondencia de sexos.
4. Los análisis de diversidad de especies indican que se recolectó entre el 91 (Jack 1) y el 100% (Chao1) de las especies de vida libre presentes en una hectárea de esta localidad, debido a que las curvas de riqueza de especies alcanzaron su asíntota.
5. Los índices de similitud no presentaron diferencias significativas en cuanto a la composición de especies en relación con la estacionalidad.
6. Se elaboró una clave de determinación dicotómica para las especies recolectadas, complementada con descripción, notas taxonómicas y ecológicas para estos taxones.
7. Se implementaron las herramientas descritas por la Diversidad Cibernética haciendo disponibles a todo público las 77 imágenes digitales y 28 ilustraciones científicas en la página [www.unamfcaracnolab.com](http://www.unamfcaracnolab.com).

## Literatura citada

- Alberti, G. 2000: Chelicerata. En: Jamieson, B. G. M. (Ed.) *Progress in Male Gamete Ultrastructure and Phylogeny*. En: Adiyodi, K. G. y Adiyodi, R. G. (Eds.) *Reproductive Biology of the Invertebrates*. Vol. 9, New Delhi, Oxford, IBH Publishing/Wiley, N.Y: pp. 311–388.
- Alberti, G. y A. V. Peretti. 2002. Fine structure of male genital system and sperm in Solifugae does not support a sister-group relationship with Pseudoscorpiones (Arachnida). *Journal of Arachnology*, 30: 268–274.
- Alberti, G. y J. G. Palacios-Vargas, 1987. Fine Structure of Spermatozoa and Spermatogenesis of *Schizomus palaciosi*, Reddell and Cokendolpher, 1986 (Arachnida: Uropygi, Schizomida). *Protoplasma*, 137: 1–14.
- 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.
- Aristóteles. 1811. *De animalibus historiae, Libri X, Graece et Latine*. Vol. IV. 586 pp.
- Balzan, L. 1888. Osservazioni morfologiche e biologiche sui Pseudo-Scorpioni del Bacino dei Fiumi Paraná e Paraguay. Publicación privada, sin páginas.
- Balzan, L. 1891. Voyage de M. E. Simona au Venezuela: Chernetes (Pseudoescorpiones). *Annales de la Société entomologique de France*. 60: 497–552.
- Balzan, L. 1892. Voyage de M. E. Simon au Venezuela (Décembre 1887 - Avril 1888). Arachnides. Chernetes (Pseudoscorpiones). *Annales de la Société Entomologique de France*, 60: 497-552.
- Banks, N. 1895. Notes on the Pseudoscorpionida. *Journal of the New York Entomological Society*, 3: 1–13.
- Banks, N. 1898. Arachnida from Baja California and other parts of Mexico. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 1: 205–308.
- Banks, N. 1908. The Pseudoscorpions of Texas. *Bulletin of the Wisconsin Natural History Society*, 6: 39-42.
- 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–v294.
- Beier, M. 1933. Pseudoskorpione aus Mexiko. *Zoologischer Anzeiger*, 104: 91–101.

- Beier, M. 1953. Pseudoscorpione aus El Salvador und Guatemala. *Senckenbergiana Biologica*, 34: 15–28.
- Beier, M. 1956. Neue troglobionte Pseudoscorpione aus Mexico. *Ciencia (México)*, 16: 81–85.
- Beier, M. 1961. Pseudoscorpione von der Insel Ascension. *Annals and Magazine of Natural History*, (13) 3, p.593-598.
- Beier, M., 1962. Pseudoscorpionidea. Mission zoologique de l'I.R.S.A.C. en Afrique orientale. (P. Basilewsky et N. Leleup, 1957). *Annales du Musée de l'Afrique Centrale, Zoologie*, 107: 9–37.
- Beier, M. 1963. Eine neue Art der Pseudoscorpionen-Gattung *Albiorix* aus Höhle Acuitlapan, Gro., Mexico. *Ciencia (México)*, 22: 133–134.
- BHL. 2013. Biodiversity Heritage Library. En línea en: <http://www.biodiversitylibrary.org/>.
- Bongers, F., J. Pompa, J. Meave y J. Carabias. 1988. Structure and floristic composition of the lowland rainforest of Los Tuxtlas, Mexico. *Vegetatio* 74: 55–80.
- Buddle, C. M. 2010. Photographic key to the Pseudoscorpions of Canada and the adjacent USA. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 10: 1–77.
- Butler, B. J. y R. L. Chazdon. 1998. Species Richness, Spatial Variation, and Abundance of the Soil Seed Bank of a Secondary Tropical Rain Forest. *Biotropica*, 30: 214–222.
- Callejas-Chavero, A., G. Castaño-Meneses, M. Razo-González, D. Pérez-Velázquez, J. G. Palacios-Vargas y A. Flores-Mondragón. 2015. Soil microarthropods and their relationship to higher trophic levels in the Pedregal de San Angel Ecological Reserve, Mexico. *Journal of Insect Science* 15: 1–9.
- Carpenter, J. M. y Wheeler, W. C. 1999. Towards simultaneous analysis of morphological and molecular data in Hymenoptera. *Zoologica Scripta* 28: 251–260.
- 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, J. C. y R. V. Chamberlin. 1945. The genera and species of the Tridenchthoniidae (Dithidae). A family of the arachnid order Chelonethida. *Bulletin of the University of Utah*, 9: 1–67.
- 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. 1983. A Temporary Slide Mount Allowing Precise Manipulation of Small Structures. *Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg*, 26: 291–292.
- 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 Donoghe, M. J. (Eds.). Oxford University Press, pp. 296–318.
- Colwell, R. K. y J. A. Coddington. 1994. Estimating Terrestrial Biodiversity Through Extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B.*, 345: 101–118.
- Cosgrove, J.C., I. Agnarsson, M.S. Harvey & Greta J. Binford. 2016. Pseudoscorpion diversity and distribution in the West Indies: sequence data confirm single island endemism for some clades, but no others. *Journal of Arachnology* 44:257–271.
- CONANP, 2006. *Programa de Manejo de la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas*. Comisión Nacional de Áreas Protegidas, México, 293 pp.
- De Geer, L. 1778. Mémoires pour servir à l'histoire des insectes. *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.
- Dirzo, R. y Raven P. 1994. Un inventario biológico para México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 55: 29–34.

- Edward, K. L. y Harvey M. S. 2008. Short-range endemism in hypogean environments: the pseudoscorpion genera *Tyrannochthonius* and *Lagynochthonius* (Pseudoscorpiones: Chthoniidae) in the semiarid zone of Western Australia. *Invertebrate Systematics*, 22: 259–293.
- Ellingsen, E. 1903. Norske Pseudoscorpioner II. *Forhandlinger i Videnskabselskabet i Kristiania*, 1903: 1-18.
- Francke, O. F. y G. A. Villegas-Guzmán. 2006. Symbiotic relationships between pseudoscorpions (Arachnida) and Packrats (Rodentia). *The Journal of Arachnology*, 34: 289–298.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., Vrijenhoek, R.C., 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Mol. Mar. Biol. Biotechnol.* 3, 294–299.
- 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.
- García-Gómez, A., G. Castaño-Meneses, M. M. Vázquez-González y J. G. Palacios-Vargas. 2014. Mesofaunal arthropod diversity in shrub mangrove litter of Cozumel Island, Quintana Roo, México. *Applied Soil Ecology*, 83: 44–50.
- 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. 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, 1: 1–614.
- González-Oreja, J. A., A. A. de la Fuente-Díaz-Ordaz, L. Hernández-Santín, D. Buzo-Franco y C. Bonache-Regidor. 2010. Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation* 33: 31–45.
- González-Santillán E., 2004. Escorpiofauna del Estado de México. Tesis de maestría, Instituto de Biología, UNAM, México, 142 pp.
- González-Soriano E., Dirzo R. y Vogt R. (Eds). 1997. *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad. México, 647 pp.
- Guevara S. S., Laborde J. D. y Sánchez-Ríos G. 2004. *Los Tuxtlas, el paisaje de la sierra*. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea. Xalapa, Ver., 288 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. 1991a. *Catalogue of the Pseudoscorpionida*. (edited by V. Mahnert). Manchester University Press, Manchester, 850 pp.
- Harvey, M. S. 1991b. The cavernicolous pseudoscorpions (Chelicerata: Pseudoscorpionida) of Cape Range, Western Australia. *Records of the Western Australian Museum*, 15(3): 487–502.
- 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 Menthidae (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.
- Harvey, M. S. y Edward K. L. 2007. A review of the pseudoscorpion genus *Ideoblothrus* (Pseudoscorpiones, Syarinidae) from western and northern Australia. *Journal of Natural History*, 41 (5-8): 445–472.
- Harvey, M. S. y W. B. Muchmore. 2013. The systematic of the pseudoscorpion family Ideoroncidae (Pseudoscorpiones: Neobisioidea) in the New World. *The Journal of Arachnology*, 41: 229–290.
- Harvey, M. S., Barba-Díaz, R., Muchmore, W. B., Pérez-González, A. 2007. *Pseudalbiorix*, a New Genus of Ideoroncidae (Pseudoscorpiones, Neobisioidea) from Central America. *The Journal of Arachnology*, 34: 610–626.
- 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.

- Heurtault, J. 1973. Contribution à la connaissance biologique et anatomo-physiologique des Pseudoscorpions. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris (3)*, 124: 561–670.
- 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. 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.
- Hoffmann, A. 1993. *El maravilloso mundo de los arácnidos*. Fondo de Cultura Económica USA, 166 pp.
- Ibarra-Manríquez, G. y S. Sinaca. 1987. Lista florística de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtles. Listados Florísticos de México VII. Instituto de Biología, UNAM, 51 pp.
- Ibarra-Manríquez, G. y S. Sinaca. 1995. Lista florística comentada de la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtles”, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 43: 75–115.
- 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.
- Judson, M. L. I. 1993. African Chelonethi: studies on the systematics, biogeography and natural history of African pseudoscorpions (Arachnida). *Index to theses, with abstracts, accepted for higher degrees by the universities of Great Britain and Ireland*, 42: 697.
- Judson, M. L. I., 2000. *Electrobisium acutum* Cockerell, a cheiridiid pseudoscorpion from Burmese amber, with remarks on the validity of the Cheiridioidea (Arachnida, Chelonethi). *Bulletin of the Natural History Museum*, 56: 79–83.
- Judson, M. L. I., 2005. Baltic amber fossil of *Garypinus electri* Beier provides first evidence of phoresy in the pseudoscorpion family Garypinidae (Arachnida: Chelonethi). *En: European Arachnology 2003, Proceedings of the 21st European Colloquium of Arachnology*, St. Petersburg, 4–9 August 2003. KMK Scientific Press Ltd., Moscow, pp. 127–131.

- Judson, M. L. I., 2007. First fossil record of the pseudoscorpion family Pseudochiridiidae (Arachnida, Chelonethi, Cheiridioidea) from Dominican amber. *Zootaxa* 1393: 45–51.
- Judson, M. L. I. 2012. Reinterpretation of *Dracochela deprehendor* (Arachnida:Pseudoescorpiones) as stem-group pseudoscorpion. *Palaeontology*, 55: 261–283.
- Kearse, M., R. Moir, A. Wilson, S. Stones-Havas, M. Cheung, S. Sturrock, et al. 2012. Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics*, 28:1647–1649.
- 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.
- Klann, A. E.; T. Bird, A. V. Peretti, A. V. Gromov y G. Alberti. 2009. Ultrastructure of spermatozoa of solifuges (Arachnida, Solifugae): Possible characters for their phylogeny? *Tissue and Cell*, 41: 91–103
- Koch, L. 1843. Die Arachniden: Getreu nach der Natur abgebildet und beschrieben, 10: 37–80.
- Koch, L. 1873. Uebersichtliche Dartstellung der Europäischen Chernetiden (Pseudoscorpione). *Bauer und Raspe*, 51: 1–68.
- Latreille, P. A. 1806. *Genera Crustacearum et insectorum secundum ordinem naturalem in familias disposita, iconibus exemplisque plurimis explicata*. Amand Koenig, Paris, 399 pp.
- Leach, W.E. 1817. *The zoological miscellany; being descriptions of new or interesting animals*. Nodder, Frederick Polydore, Vol. 3, 151 pp.
- Lee, V. F. 1979. The maritime pseudoscorpions of Baja California, Mexico (Arachnida, Pseudoscorpionida). *Occasional Papers of the California Academy of Sciences*, 131: i–iv, 1–38.
- Legg, G. 1974a. A Generalised Account of the Female Genitalia and Associated Glands of Pseudoscorpions (Arachnida). *Bulletin of British Arachnological Society*, 3(2): 42–48.
- Legg, G. 1974b. A Generalised Account of the Male Genitalia and Associated Glands of Pseudoscorpions (Arachnida). *Bulletin of British Arachnological Society*, 3(3): 66–74.
- Lencinas, M. V., Kreps G., Soler R., Luis-Peri P., Porta A., Ramírez M. y Martínez-Pastur G. 2015. *Neochelanops michaelseni* (Pseudoscorpiones: Chernetidae) as a potential bioindicator in managed and unmanaged *Nothofagus* forests of Tierra del Fuego. *Journal of Arachnology*, 43: 406–412.
- Linnaeus, C. 1758. *Systema naturae*. L. Salvii, Holmiae, sin páginas.
- Lot-Helgueras, A. 1976. La Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas: pasado, presente y futuro. *En: A. Gómez-Pompa, C. Vázquez-Yanes, S. del Amo y A. Butanda (Eds.). Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. CECSA, México, pp. 31–35.
- 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.
- Mahnert, 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.
- Martínez-Ramos M., Ortiz-Rodríguez I. A., Piñero D., Dirzo R. y Sarukhán J. 2016. Anthropogenic disturbances jeopardize biodiversity conservation within tropical rainforest reserves. *Proceedings of the national academy of sciences*, 113: 5323–5328.
- 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.
- Morrone, J. J. 2001. Sistemática, Biogeografía y Evolución. Los patrones de la biodiversidad en tiempo-espacio. Facultad de Ciencias, UNAM, 124 pp.
- Moulds, T. A., N. Murphy, M. Adams, T. Reardon, M.S. Harvey, J. Jennings, et al. 2007. Phylogeography of cave pseudoscorpions in southern Australia. *Journal of Biogeography*, 34:951–962.
- Muchmore, W. B. 1969. A caverinicolous *Tyrannochthonius* from Mexico (Arach, Chelon, Chtho.). *Ciencia (México)*, 27: 31–32.
- Muchmore, W. B. 1972a. A remarkable pseudoscorpion from the hair of a rat (Pseudoscorpionida, Chernetidae). *Proceedings of the biological Society of Washington*, 85: 427–432.
- Muchmore, W. B. 1972b. New Diplosphyronid Pseudoscorpions, mainly cavernicolous, from Mexico (Arachnida, Pseudoscorpionida). *Transactions of the American Microscopical Society*, 3: 261–276.
- 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. 1977. Preliminary list of the pseudoscorpions of the Yucatan Peninsula and adjacent regions, with descriptions of some new species (Arachnida: Pseudoscorpionida). *Bulletin of the Association for Mexican Cave Studies*, 6: 63–78.
- Muchmore, W. B. 1982. The genera *Ideobisium* and *Ideoblothrus*, with remarks on the family Syarinidae (Pseudoscorpionida). *The Journal of Arachnology*, 10: 193–221.
- Muchmore, W. B. 1986. Additional pseudoscorpions, mostly from caves, in Mexico and Texas (Arachnida: Pseudoscorpionida). *Texas Memorial Museum, Speleological Monographs*, 1: 17–30.

- 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.
- 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.
- Palacios-Vargas, J. G., G. Castaño-Meneses, J. A. Gómez-Anaya, A. Martínez-Yrizar, B. E. Mejía-Recaimer y J. Martínez-Sánchez. 2007. Litter and soil arthropods diversity and density in a tropical dry forest ecosystem in Western Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 16: 3703–3717.
- Pennington, T. y J. Sarukhán, 2005. Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. 3ª ed. UNAM, FCE, México, 523 pp.
- Piedra-Jimenez, D. F., F. Alvarez-Padilla y E. González-Santillán. (En prensa.) A new genus and two new species of pseudoscorpions (Arachnida, Pseudoscorpiones) from a Mexican oak forest near Pico de Orizaba National Park. *Journal of Arachnology*.
- Pinto-da-Rocha, R. y A. B. Bonaldo. 2006. A structured inventory of harvestmen (Arachnida, Opiliones) at Juruti River plateau, State of Pará, Brazil. *Revista Ibérica de Aracnología*, 13: 155–162.
- Poinar, G. O. Jr, Curcic B.P.M. and Cokendolpher J.C. 1998. Arthropod phoresy involving pseudoscorpions in the past and present. *Acta Arachnologica*, 47: 79–96.
- Proctor, H. C. 1993. Mating biology resolves trichotomy for cheliferoid pseudoscorpions (Pseudoscorpionida, Cheliferoidea). *Journal of Arachnology*, 21: 156–158.
- 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.
- Razo-González, M. G. Castaño-Meneses, A. Callejas-Chavero, D. Pérez-Velázquez y J. G. Palacios-Vargas. 2014. Temporal variations of soil arthropods community structure in El Pedregal de San Ángel Ecological Reserve, Mexico City, Mexico. *Applied Soil Ecology*, 83: 88–94.
- Redikorzev, V., 1938. Les pseudoscorpions de l'Indochine française recueillis par M.C. Dawydoff. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 10: 69–116.
- Reyes-Castillo, P. y J. Hendrichs. 1975. Pseudoescorpiones asociados con Pasálidos. *Acta Politécnica Mexicana*, 16:129–133.

- Rivera-Quiroz, F. A., U. Garcilazo-Cruz y F. Alvarez-Padilla. 2016. Spider cyberdiversity (Araneae: Araneomorphae) in an ecotouristic tropical forest fragment in Xilitla, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87: 1023–1032.
- Roewer, C. F. 1940. Chelonethi oder Pseudoscorpione. *En: Bronns, Die Klassen und Ordnungen des Tierreichs*, 5 (4), book 6, fasc. 3: 321–354.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- 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.
- Schawaller, W., W. A. Shear y P. M. Bonamo. 1991. The First Paleozoic Pseudoscorpions (Arachnida, Pseudoscorpionida). *American Museum Novitates*, 3009: 1–24.
- 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. 1990. Evolutionary Morphology and Phylogeny of Arachnida. *Cladistics*, 6: 1–38.
- 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, Librairie Encyclopédique de Roret, Paris, 332 pp.
- Sørensen, 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.

- Stamatakis, A., P. Hoover y J. Rougemont. 2008. A rapid bootstrap algorithm for the RAxML Web Servers. *Systematics Biology* 57:758–771.
- Thorell, T. 1883. Descrizione di alcuni Aracnidi inferiori dell'Arcipelago Malese. *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova*, 18: 21–69.
- Tizo-Pedroso E. y Del-Claro K. 2005. Matriphagy in the neotropical pseudoscorpion *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888) (Atemnidae). *Journal of Arachnology*, 33: 873–877.
- Tizo-Pedroso E. y Del-Claro K. 2007. Cooperation in the neotropical pseudoscorpion, *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888): feeding and dispersal behavior, 54: 124–131.
- Toledo, V. M. 1979. Pleistocene Changes of Vegetation in Tropical Mexico. *En: Biological diversification in the tropics: Proceedings of the fifth International Symposium of the Association for Tropical Biology*, Caracas, Venezuela, pp. 93–111.
- 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.
- Vachon, M. 1938. Recherches anatomiques et biologiques sur la reproduction et le développement des Pseudoscorpions. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie* (11), 1: 1–207.
- Vachon, M. 1949. Ordre des Pseudoscorpions. *En: GRASSÉ, P. (ed.). Traité de Zoologie*, 6: 437–481. París.
- Vázquez-Rojas, I. M, R. Gaviño-Rojas y L. del Castillo. 1996. Seudoescorpiones (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. 2006a. 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. 2015. Pseudoescorpiones (Arachnida: Pseudoescorpiones) de la Ciudad de México y sus alrededores. *Entomología Mexicana*, 2: 76–81.

- 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 Altiplano 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.
- Villegas-Guzmán, G. A. y Córdova-Tabares V. M. 2016 Nuevos Registros de Pseudoescorpiones Cavernícolas (Arachnida: Pseudoescorpiones) en Cuevas de México. *Entomología mexicana*, 3: 81–84.
- Villegas-Guzmán, G. A., Martínez-Luque E. O. y Zurita-García, M. L. 2016. Pseudoescorpiones (Arachnida: Pseudoescorpiones) foréticos con *Chalcolepidius approximatus* (Coleoptera: Elateridae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87:1369–1371.
- Walther, B. A. y S. Morand. 1998. Comparative performance of species richness estimation methods. *Parasitology*, 116: 395–405.
- Weygoldt, P. 1969. *The Biology of Pseudoscorpions*. Harvard University Press, Cambridge Massachusetts, 145 pp.
- Wilson, E. O. 1985. The Biological Diversity Crisis. *BioScience*, 11: 700–706.
- Wilson, E. O. 2004. Taxonomy as a fundamental discipline. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 359: 739.
- 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.
- Zaragoza, J. A. 2010. *Arcanobisium*, a remarkable new genus, representing a new subfamily with a relictual distribution from eastern Spain (Arachnida: Pseudoescorpiones: Syarinidae). *Zootaxa*, 2491: 41–60.
- Zaragoza, J. A. 2015. Orden Pseudoescorpiones. *IDEA-SEA*, 20: 1–10.
- 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.
- Zeh, J.A., D.W. Zeh & M.M. Bonilla. 2003. Phylogeography of the harlequin beetle-riding pseudoscorpion and the rise of the Isthmus of Panama. *Molecular Ecology* 12: 2759–2769.

## Apéndices

Apéndice I. Distribución de pitfalls convencionales en el cuadrante.

Sub-cuadrante	Pitfalls	
	1° Salida	2° Salida
1	1-6	1-6
3	13-16, 31	7-12
6	17-22	25-30
7	30, 32, 45-48	-
8	33-38	20-24, 31
10	7-9, 11, 12, 29	13-18
11	-	19, 44-48
14	23-28	32-37
16	39-44	38-43

Apéndice II. Distribución de las pitfalls subterráneas en el cuadrante.

Sub-cuadrante	Pitfalls subterráneas	
	1° Salida	
2	1-2	
4	3-4	
5	5-6	
8	7-8	
10	9-10	
12	11-12	
14	13-14	
15	15-16	

Apéndice III. Distribución y profundidad de hojarasca tamizada por costal en la primera salida.

Costal	Sub-cuadrante	m <sup>2</sup> tamizados	Mediciones de profundidad por m <sup>2</sup> (cm)
1	2	2	10, 14, 14, 10, 14 4, 4, 3, 3, 4
2	2	3	4, 3, 6, 4, 2 2, 2.5, 4, 5, 6 8, 5, 10, 10, 7
3	1	2	5, 5, 4, 7, 5 5, 5, 6, 7, 3
4	1	2	10, 5, 5, 6, 6 5, 5, 4, 6, 3
5	3	3	5, 6, 4, 6, 6 6, 5, 5, 5, 7 5, 5, 4, 4, 5
6	3	4	4, 4.5, 2, 5.5, 6.5 2, 4, 5, 3, 4 5, 3, 4, 6, 4 3, 5.5, 4, 4, 5
7	6	3	10, 5, 8, 2, 5 4, 5, 6, 3, 6 6, 4, 8, 6, 8
8	6	2	3, 4, 6, 6, 7 4, 6, 3, 4, 6
9	7	2	2, 2, 8, 4, 8

			1, 5, 5, 4, 8
<b>10</b>	7	2	10, 4, 2, 9, 10 4, 10, 15, 5, 10
<b>11</b>	11	2	9, 5, 10, 13, 10 8, 13, 4, 7, 10
<b>12</b>	11	2	6, 10, 13, 13, 9, 8 10, 10, 8, 4, 4

Apéndice IV. Distribución y profundidad de hojarasca tamizada por costal en la segunda salida.

<b>Costal</b>	<b>Sub-cuadrante</b>	<b>m<sup>2</sup> tamizados</b>	<b>Mediciones de profundidad por m<sup>2</sup> (cm)</b>
<b>1</b>	1	1	3, 4, 3, 10, 4
<b>2</b>	5	3	3, 2, 4, 2, 2 3, 3, 2, 3, 3 3.5, 4, 1.3, 0.5
<b>3</b>	2	1	4, 9, 8, 5, 4
<b>4</b>	4	2	1.5, 3, 0.5, 3, 1 1, 3, 3, 1, 3
<b>5</b>	8	2	1, 2, 2, 1, 2 0.5, 1, 1, 1, 1
<b>6</b>	7	2	6, 3, 1, 3, 4 4, 2, 4.5, 7, 2
<b>7</b>	14	3	3, 4, 5, 1, 4 2, 4, 1, 3, 3 6, 4, 6, 3, 4
<b>8</b>	13	2	7, 3, 7, 4, 1 1, 2, 8, 8, 5
<b>9</b>	10	2	3, 2, 3, 5, 7 3, 3, 4, 4, 3
<b>10</b>	11	2	5, 1, 6, 3, 2 2, 4, 1, 6, 3
<b>11</b>	10	3	1, 5, 2, 4, 3 2, 6, 2, 5, 6 7, 5, 4, 5, 4
<b>12</b>	9	1	3, 7, 3, 3, 4

Apéndice V. Ejemplares revisados de la Colección Nacional de Arácnidos (Instituto de Biología, UNAM).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>No. Catálogo</b>
<b>Chernetidae</b>	<i>Illinichernes distinctus</i>	PS10
	<i>Hesperochnes sp.</i>	PS13
	<i>Semeiochnes extraordinarius</i>	PS152
	<i>Cocinachernes foliosus</i>	PS23
<b>Chthoniidae</b>	<i>Tyrannochthonius sp.</i>	PS200
<b>Syarinidae</b>	<i>Ideobothrus sp.</i>	PS245
<b>Ideoroncidae</b>	<i>Albiorix sp.</i>	PS236
<b>Atemnidae</b>	<i>Diplotemnus rothi</i>	PS154

Apéndice VI. Ejemplares revisados en el Museum of Comparative Zoology (Universidad de Harvard), incluyendo ejemplares tipo (\*).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>No. Catálogo</b>
<b>Chernetidae</b>	<i>Dinocheirus pallidus*</i>	88509
	<i>Hesperochnes pallipes*</i>	88508
	<i>Parachernes pulchellus*</i>	88539
	<i>Chernes sanborni*</i>	88543
	<i>Epactiochnes tumidus*</i>	88558, 88559
	<i>Chelodamus uniformis*</i>	88563, 88569
	<i>Dinocheirus validus*</i>	88565, 88564
	<i>Chelanops affinis*</i>	88466
	<i>Chernes amoenus*</i>	88463, 88464
	<i>Neallochnes garcianus*</i>	88484, 88482
	<i>Lustrochnes grossus*</i>	88493
	<i>Mexachernes calidus*</i>	88450
	<i>Eumecochnes sp.</i>	65289
	<i>Americhernes oblongus</i>	102195, 102196
	<i>Semeiochnes sp.</i>	102601
<b>Atemnidae</b>	<i>Paratemnoides elongatus*</i>	88473
	<i>Paratemnoides elongatus</i>	8875, 102570
	<i>Paratemnoides insularis</i>	8898, 8899
<b>Syarinidae</b>	<i>Ideobisium sp.</i>	102379

Apéndice VII. Ejemplares revisados en el American Museum of Natural History, incluyendo ejemplares tipo (\*).

<b>Family</b>	<b>Specie</b>
<b>Chernetidae</b>	<i>Dendrochnes instabilis</i>
	<i>Dinocheirus sp.</i>
	<i>Dinocheirus tumidus</i>
	<i>Lustrochnes sp.</i>
	<i>Lustrochnes grossus</i>
	<i>Lustrochnes pennsylvanicus</i>
	<i>Americhernes sp.</i>
	<i>Americhernes sp.</i>
	<i>Americhernes ellipticus</i>
	<i>Americhernes oblongus</i>
	<i>Lamprochnes sp.</i>
	<i>Dinochnes sp.</i>
	<i>Parachernes sp. prob. latus</i>

	<i>Parachernes bisetus</i>
	<i>Zaona biseriata</i>
	<i>Mirochernes sp.</i>
	<i>Megachernes sp.</i>
	<i>Conicochernes sp.</i>
	<i>Antillochernes bahamensis*</i>
	<i>Antillochernes jamaicensis*</i>
	<i>Tychochernes sp.</i>
	<i>Hesperochernes tamiae</i>
	<i>Hesperochernes molestus</i>
	<i>Chernes sanborni</i>
	<i>Gomphochernes communis</i>
	<i>Dendrochernes sp.</i>
<b>Ideoroncidae</b>	<i>Albiorix (Pseudalbiorix) veracruzensis*</i>
	<i>Albiorix conodentatus*</i>
	<i>Albiorix magnus*</i>
	<i>Albiorix parvidentatus</i>
	<i>Albiorix mexicanus</i>
<b>Syarinidae</b>	<i>Pachychitra (Ideoblothrus) maya*</i>

Apéndice VIII. Información de los primers usados para la amplificación con PCR.

Nombre	Dirección	Secuencia	Autor
VF1d	Forward	TCTCAACCAACCACAARGAYATYGG	Ivanova <i>et al.</i> , 2006
VR1d	Reverse	TAGACTTCTGGGTGGCCRAARAAYCA	Ivanova <i>et al.</i> , 2006
HCO2198	Reverse	TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA	Folmer <i>et al.</i> , 1994
LCO1490	Forward	GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG	Folmer <i>et al.</i> , 1994
HCOout	Reverse	CCAGGTAAAATTTAAATATAAACTTC	Carpenter y Wheeler, 1999

Apéndice IX. Lista de la secuencias moleculares obtenidas.

Especie	Sexo	Pares de bases	Primers usados para la amplificación
Chernetidae sp01	M	627	HCO-LCO
Chernetidae sp01	F	654	HCO-LCO
<i>Pseudalbiorix reddelli</i>	M	662	HCO-LCO
<i>Pseudalbiorix reddelli</i>	F	581	LCO-HCOout
<i>Ideoblothrus mexicanus</i>	M	669	LCO-HCOout
<i>Ideoblothrus mexicanus</i>	F	658	HCO-LCO
<i>Tyrannochthonius</i> sp01	M1	622	HCO-LCO
<i>Tyrannochthonius</i> sp01	M2	672	HCO-LCO
<i>Tyrannochthonius</i> sp01	F1	656	HCO-LCO
<i>Tyrannochthonius</i> sp01	F2	633	LCO-HCOout
<i>Tyrannochthonius</i> sp01	M1	618	HCO-LCO
<i>Tyrannochthonius</i> sp01	M2	631	HCO-LCO
<i>Tyrannochthonius</i> sp02	F1	612	HCO-LCO
<i>Tyrannochthonius</i> sp02	F1	621	VF-VR
<i>Tyrannochthonius</i> sp02	F2	633	LCO-HCOout

