



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Descripción de tres especies nuevas para la Familia
Hahniidae en encinares del Pico de Orizaba, Veracruz,
México (Araneae, Araneomorphae)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

MARCIAL ANTONIO GALÁN SÁNCHEZ



DIRECTOR:

DR. FERNANDO ÁLVAREZ PADILLA

MÉXICO, D. F. ABRIL 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

Galán

Sánchez

Marcial Antonio

26162840

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

309234083

2. Datos del tutor

Dr.

Fernando

Álvarez

Padilla

3. Datos del sinodal 1

Dr.

Alejandro Francisco

Oceguera

Figueroa

4. Datos del sinodal 2

Dr.

Hugo Harlán

Mejía

Madrid

5. Datos del sinodal 3

Dr.

Edmundo

González

Santillán

6. Datos del sinodal 4

M. en C.

Francisco José

Medina

Soriano

7. Datos del trabajo escrito.

Descripción de tres especies nuevas para la Familia Hahniidae en encinares del Pico de Orizaba, Veracruz, México (Araneae, Araneomorphae)

115 p.

2016

AGRADECIMIENTOS

A la UNAM y a la Facultad de Ciencias por proveerme de oportunidades para seguir mi desarrollo como investigador.

Al proyecto DGAPA PAPIIT IN213612. **Diversidad de las arañas araneomorfas (Arachnida, Araneae, Araneomorphae) en tres encinares de La Faja Volcánica Transmexicana.** Financiado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico a través de PAPIIT, México.

A mi director de tesis:

Dr. Fernando Álvarez Padilla

A los miembros del jurado:

Dr. Edmundo González Santillán

Dr. Alejandro Francisco Ocegüera Figueroa

Dr. Hugo Harlán Mejía Madrid

M. en C. Francisco Medina Soriano

A la Dra. Silvia Espinosa Matías por su ayuda durante la realización de las imágenes de microscopía electrónica en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido de la Facultad de Ciencias.

A los integrantes del Laboratorio de Aracnología de la Facultad de Ciencias.

AGRADECIMIENTOS A TÍTULO PERSONAL

Al Dr. Fernando Álvarez Padilla, por darme la oportunidad de pertenecer a su laboratorio, por todo el apoyo, consejos y enseñanzas que me ha dado y sobre todo por ver en mí una persona en quien confiar.

Al Dr. Edmundo González Santillán, por todas sus enseñanzas y consejos que durante este tiempo han enriquecido mi desarrollo académico.

A Ofelia, por sus valiosos comentarios y consejos durante la realización de este trabajo.

A Don Isidoro, Ali y Josué por su ayuda durante la colecta de especímenes vivos en la comunidad de Atotonilco.

A mis compañeros de trabajo y amigos, por aceptarme y hacerme parte de una gran familia:

- Salgueiro: por enseñarme que las diferencias hacen una familia.
- Andrés: por enseñarme que la alegría es la base de una buena vida.
- Uriel: por enseñarme que el descubrir y aprender nos enriquece cada día.
- Dulce: por enseñarme que la diversión se encuentra en todo lo que hacemos.
- Josué: por enseñarme que la tranquilidad es la mejor forma de arreglar las cosas.

A mi madre y hermana, por su apoyo, enseñanzas y amor a pesar de todo.

A Ali Zeltzin, por haber aceptado formar parte de mi vida y acompañarme en este largo camino lleno de experiencias que nos han hecho ser mejores cada día.

A mi hermano Hémer, por su apoyo, amistad incondicional y experiencias que nos marcarán por siempre.

A Henko y Bolo, por sacarme una sonrisa cuando más lo necesite.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis al Dr. Fernando y a todos los integrantes del Laboratorio de Aracnología porque gracias a ellos esta etapa de mi vida pudo llevarse a cabo.

Con especial cariño a:

- Mi madre, por enseñarme durante 22 años que la vida se enfrenta con decisión, iniciativa y responsabilidad.
- Ali Zeltzin, por su amor, apoyo y compañía durante toda esta etapa. Te amo.
- La pequeña Grisell Aurora, por ser una motivación más para salir adelante.

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
Taxonomía y Diversidad Cibernética.....	2
Generalidades del Orden Araneae.....	4
Morfología.....	5
Taxonomía y Sistemática.....	18
Generalidades de la familia Hahniidae.....	21
Diversidad.....	21
Taxonomía y Relaciones Filogenéticas.....	21
Biología.....	23
ANTECEDENTES	30
JUSTIFICACIÓN	34
OBJETIVOS	36
Objetivo General.....	36
Objetivos Particulares.....	36
ÁREA DE ESTUDIO	37
Bosque de <i>Quercus</i>	37
Parque Nacional Pico de Orizaba.....	37
Localidad de Estudio.....	38
MATERIAL Y MÉTODO	40
Trabajo de Campo.....	40
Trabajo de Laboratorio.....	40
Determinación taxonómica y Descripción de especies.....	41
Obtención de imágenes.....	42
Estimaciones de riqueza de especies y Análisis de estacionalidad.....	43
Abreviaturas usadas en el texto y figuras.....	43
RESULTADOS	45
Taxonomía.....	45
Hahniidae Bertkau, 1878.....	46
<i>Hahnia</i> C. L. Koch, 1841.....	46
<i>Hahnia</i> sp01.....	47
<i>Neoantistea</i> Gertsch, 1934.....	53

<i>Neoantistea</i> sp01.....	54
<i>Neoantistea</i> sp02.....	60
Historia natural.....	70
Comportamiento sexual y Reproducción.....	71
Morfología de los Órganos estridulatorios.....	72
Estimación de Diversidad y Comparación entre Cuadrantes.....	75
DISCUSIÓN.....	80
Diversidad de la familia Hahniidae en México.....	80
Estimaciones de riqueza y aspectos ecológicos de las especies.....	84
Importancia de la Taxonomía y Diversidad Cibernética.....	88
Taxonomía de las especies encontradas.....	89
CONCLUSIONES.....	93
REFERENCIAS.....	94
APÉNDICES.....	104
Apéndice I.....	104
Apéndice II.....	105

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Diversidad de la familia Hahniidae en México.....	32
Cuadro 2. Uso de los órganos estridulatorios bajo distintas interacciones de especímenes de <i>Neoantistea</i> sp02.....	73
Cuadro 3. Proporción de sexos para las tres especies colectadas. Se indica el número de individuos por sexo por especie y su porcentaje.....	75
Cuadro 4. Composición y abundancia de especies para los dos cuadrantes de Atotonilco.....	77
Cuadro 5. Estudios faunísticos que reportan a la familia Hahniidae en regiones templadas.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología general de <i>Tegenaria</i> (Agelenidae). a) Vista lateral, b) Vista ventral, c) Vista dorsal. (1-4) apéndices locomotores.....	6
Figura 2. Sistema nervioso central. a) Sección longitudinal del prosoma, b) SNC de <i>Phidippus rimator</i> (izquierda) y <i>Tegenaria</i> (derecha). (CE) Cauda equina, (Endos) Endosternito, (E) Esófago, (F) Faringe, (GA) Ganglio abdominal, (P) Ganglio del pedipalpo, (SUB) Ganglio subesofágico, (SUPRA) Ganglio supraesofágico, (1-4) Ganglios de las patas.....	7
Figura 3. Ojos. a) Configuración ocular de <i>Calymmaria persica</i> , b) Corte sagital de un ojo principal y sus componentes. (R) Retina, c) Ojos secundarios y tipos de <i>tapetum</i>	8
Figura 4. Quelíceros. a) Quelícero de <i>Gayenna americana</i> (Anyphaenidae), b) Estructura del quelícero de <i>Zorocrates cf. mistus</i>	9
Figura 5. Estructuras bucales y sistema digestivo. a) Piezas bucales de <i>Lycosa</i> (Lycosidae) vista ventral, b) Estómago suctor. Los músculos de dilatación se localizan dorsalmente al caparazón y lateralmente al endosternito. Los músculos circulares contraen al estómago suctor, c) Piezas bucales de <i>Portia</i> (Salticidae) vista frontal, la boca (B) se sitúa entre los enditos y detrás de los quelíceros, d) Estructura del esófago y estómago de <i>Atypus</i> (Atypidae).....	11
Figura 6. Patas y receptores químicos y mecánicos. a) Uñas tarsales de <i>Cryphoea silvicola</i> , b) Tarso de <i>Agelena</i> , vista lateral, (Tr) Tricobotria, (Ch) Quimiorreceptor, (Ms) Macroseta, c) Pata de <i>C. silvicola</i> , vista prolateral, d) Articulación tarso-metatarso de <i>Araneus</i> , vista dorsal, (Li) Órgano liriforme, (Ot) Órgano tarsal.....	12
Figura 7. Opistosoma. a) Sección longitudinal del opistosoma de una hembra, b) Habitus dorsal de <i>Heptathela yanbaruensis</i> (Liphistiidae), (TG) Terguito.....	13
Figura 8. Sistemas respiratorios. a) Sistema traqueal de <i>Nanometa</i> , se aprecian las tráqueas medias (Tm) y las tráqueas laterales (Tl), b), c) Sistema ramificado en traqueolas de <i>Glenognatha</i> , d) Libro pulmonar de <i>Archaea workmani</i> , e) Estructura de un libro pulmonar. La flecha blanca indica la entrada de aire y las flechas negras el flujo de la hemolinfa.....	14
Figura 9. Genitalia, sistema entelégino. a) Pedipalpo de <i>Novalena</i> , vista prolateral, (Co) Conductor, (E) Embolo, (Ma) Apófisis media, b) Mismo que anterior vista ventral, (T) Tegulo, (RTA) Apófisis retrolateral de la tibia, (DTA) Apófisis distal de la tibia, c) Mismo que anterior vista retrolateral, d) Pedipalpo expandido de <i>Tegenaria atrica</i> , vista prolateral, (Bh)	

Hematodoca basal, (Ta) Apófisis tegular, e) Mismo que anterior vista retrolateral, (St) Subtegulo, f) Epigino de *Novalena* vista ventral, (Go) Abertura genital, g) Epigino vista lateral, (Cd) Conducto de copulación, (Fd) Conducto de fertilización, (S) Espermateca, h) Epigino vista apical, i) Epigino vista posterior.....16

Figura 10. Evolución de las hileras en los subórdenes de Araneae. La columna de la izquierda muestra la vista dorsal de *Liphistius* sp. (Mesothele), *Euagrus* sp. (Mygalomorphae) y *Cuppienius salei* (Araneomorphae) de abajo a arriba. La columna media muestra ilustraciones de la morfología de las hileras. La columna de la derecha muestra esquemas de las hileras. En negro, las estructuras se asocian a glándulas de seda. (Col) Colulo, (Cri) Cribelo, (S4) Segmento cuatro del opistosoma, (S5) Segmento cinco del opistosoma. 1) Ancestro común inmediato de las arañas, 2) Ancestro común inmediato de Opisthokelae.....17

Figura 11. Hileras de Araneomorphae. a) Hileras de *Latrodectus hesperus* (Theridiidae), b) Hileras de *Acanthoctenus* (Ctenidae), c) Hilo de seda no cribelado de *Nephila* con gotas líquidas pegajosas, d) Núcleo de glicoproteínas al interior de las gotas, e), f) Hilo de seda de Uloboridae y de Dictynidae mostrando el arreglo cribelado.....18

Figura 12. Árbol filogenético del Orden Araneae obtenido de análisis filogenómicos basados en la secuenciación de transcriptomas. Imágenes en orden descendente: Escorpión, Mesothelae, Antrodiaetidae, Paratropopidae, Ctenizidae, Pholcidae, Scytodidae, Theridiidae, Tetragnathidae, Nephilidae, Uloboridae, Amaurobiidae, Agelenidae, Salticidae, Lycosidae, Oxyopidae. Modificado de Garrison *et al.* (2015). La flecha indica la posición de Hahniidae dentro del árbol.....20

Figura 13. Árbol filogenético del Clado RTA obtenido con análisis bayesianos de datos combinados (18S+28S+CO1+HH3). Modificado de Spagna *et al.* (2008). Los cuadros indican la posición de las subfamilias de Hahniidae dentro del árbol.....25

Figura 14. Árbol filogenético del Clado Entelegynae obtenido con análisis bayesianos de datos combinados (18S+28S+CO1+HH3). Modificado de Miller *et al.* (2010). El cuadro muestra las ramas largas presentadas por Hahniinae + Cybaeolinae.....26

Figura 15. Consenso estricto de las cuatro topologías más parsimoniosas basado en análisis moleculares. Modificado de Miller *et al.* (2010). Los cuadros indican la posición de las subfamilias de Hahniidae dentro del árbol.....27

Figura 16. Biología de la familia Hahniidae. a) Habitus de *Neoantistea magna* (♀), b) Red de *N. magna*, c) Habitus de *Calymmaria* sp. (♂), d) Red de *Calymmaria* sp., la flecha indica la lámina de anclaje, e) Habitus de *Austrohahnia melloleitaoi* (♂), f) Red de *A. melloleitaoi*,

la flecha indica la entrada del refugio. Fotografías: a, b. Sean McCann, c, d. Alice Abela, e, f. Modificado de Rubio <i>et al.</i> (2014).....	28
Figura 17. Caracteres de Hahniidae. a) Hileras de <i>Neoantistea magna</i> (Hahniinae), b) Hileras de <i>Calymmaria persica</i> (Cryphoecinae), c) Hileras de <i>Cybaeolus</i> (Cybaeolinae), d) Pedipalpo de <i>Cryphoecca silvicola</i> (Cryphoecinae), e) Pedipalpo de <i>Hahnia pusilla</i> (Hahniinae), f) Pedipalpo de <i>Cybaeolus rastellus</i> (Cybaeolinae), g) Pedipalpo de <i>Neoantistea magna</i> (Hahniinae), h) Apófisis patelar de <i>Hahnia</i> sp01 (Hahniinae), i) Pedipalpo de <i>C. persica</i> , acercamiento, j) Apófisis patelar de <i>C. rastellus</i>	29
Figura 18. Mapa de distribución. a) Ubicación de la localidad tipo y los dos cuadrantes al oeste de Atotonilco, b) La vegetación en zonas altas de Atotonilco se compone principalmente de <i>Quercus</i> y <i>Pinus</i> , c) Hacia las partes bajas la vegetación se vuelve secundaria.....	39
Figura 19. Mantenimiento y alimentación de los especímenes colectados de <i>Neoantistea</i> sp02. La flecha indica la presa capturada.....	41
Figura 20. <i>Hahnia</i> sp01. Macho. a) Habitus dorsal, b) Habitus lateral, c) habitus ventral, d) Prosoma anterior, e) Hileras vista ventral, f) Pedipalpo ventral, g) Pedipalpo retrolateral, h) Pedipalpo dorsal. Barras de escala: 0.2 mm.....	50
Figura 21. <i>Hahnia</i> sp01. Hembra. a) Habitus dorsal, b) Habitus lateral, c) habitus ventral, d) Prosoma anterior, e) Epigino ventral, f) Epigino ventral aclarado, g) Epigino dorsal aclarado. Barras de escala: 0.2 mm, epiginos aclarados: 0.05 mm.....	51
Figura 22. <i>Hahnia</i> sp01. Morfología de los genitales. a) Pedipalpo ventral, b) RTA y RTMs, vista retrolateral, c) Pedipalpo vista retrolateral, d) Detalle de la RTA, vista dorsal, e) Apófisis patelar, vista retrolateral, f) Epigino vista dorsal, la flecha indica el Fd. Barras de escala: 0.01 mm.....	52
Figura 23. <i>Hahnia</i> sp01. Ilustraciones de la genitalia. a) Pedipalpo ventral, b) Epigino ventral, c) Epigino dorsal. Barras de escala: 0.05 mm.....	53
Figura 24. <i>Neoantistea</i> sp01. Macho. a) Habitus dorsal, b) Habitus lateral, c) habitus ventral, d) Prosoma anterior, e) Hileras vista ventral, f) Pedipalpo ventral, g) Pedipalpo retrolateral, h) Pedipalpo dorsal. Barras de escala: 0.2 mm, habitus: 0.5 mm.....	57
Figura 25. <i>Neoantistea</i> sp01. Hembra. a) Habitus dorsal, b) Habitus lateral, c) habitus ventral, d) Prosoma dorsal, la flecha indica el Sf, e) Abdomen anterior (Sf), f) Epigino ventral, g) Epigino dorsal aclarado. Barras de escala: Habitus= 1 mm, PRSD= 0.5 mm, Sf y EPIV= 0.2 mm, Epigino aclarado: 0.1 mm.....	58

Figura 26. <i>Neoantistea</i> sp01. Morfología de los genitales. a) RTA vista dorsal, b) Apófisis patelar vista dorsal, c) Pedipalpo derecho expandido, vista ventral, d) Pedipalpo derecho expandido, vista retrolateral. Barras de escala: RTA y Pa: 0.01 mm, pedipalpos expandidos: 0.2 mm.....	59
Figura 27. <i>Neoantistea</i> sp01. Ilustraciones de la genitalia. a) Pedipalpo ventral, b) Epigino ventral, c) Epigino dorsal. Barras de escala: 0.1 mm.....	60
Figura 28. <i>Neoantistea</i> sp02. Macho. a) Habitus dorsal, b) Habitus lateral, c) habitus ventral, d) Prosoma anterior, e) Hileras vista ventral, f) Pedipalpo ventral, g) Pedipalpo retrolateral, h) Pedipalpo dorsal. Barras de escala: 0.2 mm, habitus: 1 mm.....	64
Figura 29. <i>Neoantistea</i> sp02. Hembra. a) Habitus dorsal, b) Habitus lateral, c) habitus ventral, d) Prosoma dorsal, la flecha indica el Sf, e) Epigino ventral f) Epigino ventral aclarado, g) Abdomen anterior (Sf), h) Epigino ventral, la flecha indica un <i>mating plug</i> , i) Epigino vista dorsal aclarado. Barras de escala: Habitus: 1 mm, PRSD, Sf y epiginos ventrales: 0.2 mm, epiginos aclarados: 0.1 mm.....	65
Figura 30. <i>Neoantistea</i> sp02. Morfología de los genitales. a) Pedipalpo izquierdo expandido, vista ventral, b) Pedipalpo derecho expandido, vista retrolateral, c) Pedipalpo retrolateral, d) RTA vista dorsal, e) Epigino dorsal, la flecha indica el Fd, f) Apófisis patelar, vista retrolateral. Barras de escala: MEBs: 0.01 mm, pedipalpos expandidos: 0.2 mm.....	66
Figura 31. <i>Neoantistea</i> sp02. Ilustraciones de la genitalia y habitus. a) Pedipalpo ventral, b) Epigino ventral, c) Epigino dorsal, d) Habitus dorsal de especímenes vivos (♀ y ♂). Barras de escala: Ilustraciones: 0.1 mm, habitus: 1 mm.....	67
Figura 32. <i>Neoantistea</i> sp02. Habitus de especímenes vivos. a) Macho, b) Macho sobre su red, c) Hembra sobre su red, d) Hembra. Barras de escala: 1 mm.....	68
Figura 33. Morfología del sistema respiratorio. a) Sistema traqueal y pulmonar de <i>Neoantistea</i> sp02, vista dorsal, b) Mismo que anterior enfocando la región abdominal, c) Sistema traqueal de <i>Hahnia</i> sp01, vista dorsal, d) Espiráculo traqueal aclarado de <i>Neoantistea</i> sp01, vista dorsal. Barras de escala: Tráqueas de N. sp02 y N. sp01: 0.1 mm, tráqueas de H. sp01: 0.01 mm.....	69
Figura 34. Historia natural de N. sp02. a) Bosque de encino en la comunidad de Atotonilco, b) Microhábitat compuesto de hojarasca, el cuadro indica la zona donde se encontraron los especímenes de N. sp02, c) Acercamiento de la lámina inferior, la flecha indica la abertura que la araña usa para refugiarse, d), e), Vista general de la lámina inferior.....	70
Figura 35. Morfología de los órganos estridulatorios. a) Posición relativa del “ <i>scraper</i> ” y el “ <i>file</i> ” de <i>Neoantistea</i> sp01, vista lateral, b) Prosoma posterior de N. sp01, la flecha indica el	

Sf c) Posición relativa del “file” en <i>Neoantistea</i> sp02, vista anterior, d) “Scraper” de <i>N.</i> sp01, e) “Scraper” de <i>N.</i> sp02, f) Lóbulos del scraper, g) Detalle de un lóbulo, h) Macrosedas del file de <i>N.</i> sp01, i) mismo que anterior pero <i>N.</i> sp02. Barras de escala: b y c: 0.1 mm, a, d, e, f, h, i: 0.01 mm, g: 0.001 mm.....	74
Figura 36. Curvas de estimación de especies usando a) estimadores de abundancia y b) estimadores de incidencia, (Sobs) Especies observadas.....	76
Figura 37. Comparación de la composición de especies entre cuadrantes. Sobs= riqueza observada, SobsC=riqueza observada compartida, SobsNC=riqueza observada no compartida.....	77
Figura 38. Abundancia relativa de cada especie durante las fechas de colecta. Las líneas negras indican la dirección hacia la que se mueven las abundancias.....	78
Figura 39. Abundancia relativa de cada sexo durante las fechas de colecta. a) <i>Hahnia</i> sp., b) <i>Neoantistea</i> sp01, c) <i>Neoantistea</i> sp02.....	79
Figura 40. Distribución mundial de la familia Hahniidae.....	83

RESUMEN

El presente estudio describe la diversidad de la familia Hahniidae en un bosque de *Quercus* de la región de Atotonilco de Calchahuaco en el estado de Veracruz, México, utilizando como base los métodos sugeridos por la taxonomía y la diversidad cibernética. Durante los años 2012 y 2013 se realizaron tres expediciones utilizando métodos de colecta homogéneos y estandarizados que permitieron conocer la diversidad de dos cuadrantes de 1 ha. Se obtuvieron un total de 807 muestras de las cuales se recolectaron 10,390 arañas adultas que se incluyen en 29 familias de Araneomorphae. Se colectó un total de 1,131 adultos de la familia Hahniidae en 311 muestras, representando el 10.7% del total del inventario. Hahniidae fue la cuarta familia más abundante después de Linyphiidae (2,641 adultos), Theridiidae (2,225 adultos) y Araneidae (1,319 adultos). La familia aquí trabajada fue representada por tres especies nuevas para la ciencia, dos se incluyen en el género *Neoantistea* y una al género *Hahnia*. Para cada especie encontrada se elaboró una descripción asociada a imágenes compuestas digitales de alta resolución, fotografías de microscopía electrónica de barrido e ilustraciones, además se incluyó una diagnosis comparativa, material tipo, variación y distribución conocida. Se presentan 242 imágenes compuestas de las vistas generales del cuerpo, estructuras diagnósticas y genitales de cada especie. De éstas, 49 fueron obtenidas por micrografía digital compuesta, 175 son fotografías de microscopía electrónica de barrido y nueve son ilustraciones de la genitalia de las tres especies. Se describió el hábitat y estructura de la red así como el comportamiento sexual de *Neoantistea* sp02 con base en especímenes vivos. El presente trabajo aumenta el rango de distribución conocida y provee un nuevo registro a nivel estatal para el género *Neoantistea*. Se llevaron a cabo análisis de diversidad, cuyos resultados indican que se colectó el 100% de las especies que se encuentran en la localidad de estudio. La comparación de los cuadrantes I y II mediante los índices de Chao-Jaccard y Chao-Sorensen indicaron que son similares en un 95.6% y un 97.7% compartiéndose dos de las tres especies colectadas. Las imágenes obtenidas de cada morfoespecie colectada en el presente trabajo fueron depositadas en el sitio de internet "Araneomorphae of Mexico" (Alvarez-Padilla Lab, 2015).

INTRODUCCIÓN

Taxonomía y Diversidad Cibernética

La Taxonomía es la ciencia dedicada a descubrir, describir, nombrar e identificar a las especies que habitan en el planeta, sin embargo la gran cantidad de especies que se estiman falta por descubrir, ha representado ser un reto importante para la taxonomía tradicional. Los principales problemas son la falta de especialistas para grupos megadiversos en distintas áreas geográficas, la lentitud en el proceso de descripción de especies, el escaso conocimiento de las biotas tropicales y la insuficiencia de fondos económicos para el trabajo taxonómico. Esta problemática fue definida como el impedimento taxonómico (Wilson, 1985), el cual calcula que para describir el estimado más conservador de diez millones de especies tomaría una inversión millonaria y aproximadamente 25,000 taxónomos trabajando durante 40 años. Sin embargo, ha tomado a los taxónomos 250 años conocer el 10% de esta biodiversidad desde que Linneo creó el sistema binomial. Trágicamente la tasa de destrucción de hábitats es tan acelerado que antes de obtener información relevante para su conservación, esta diversidad podría estar extinta.

Como respuesta al impedimento taxonómico, Wilson (2004) señala que utilizando herramientas modernas como la fotografía digital de alta resolución, mapas genómicos para la separación de especies y la publicación en internet de estos datos, sería posible describir el 90% restante en un tiempo aproximado de 25 años. De forma complementaria, May (2004) indica que las estimaciones de Wilson solo son posibles reduciendo las tasas de extinción actuales, desarrollando nuevos métodos de recolecta, bajando los costos para técnicas de laboratorio y conociendo la filogenia completa del árbol de la vida. Sin embargo, ambos establecen que la importancia de la taxonomía sienta las bases para la sistemática filogenética, proporciona información para análisis ecológicos y programas de conservación además de hacer accesible una gama de beneficios proporcionados por la biodiversidad para las sociedades humanas.

La Taxonomía Cibernética surge como una posible solución para superar el impedimento taxonómico, reduciendo de 250 a 25 años el tiempo para describir el estimado más conservador de diez millones de especies para el planeta (Wilson, 1999, 2004). Esta disminución en tiempo para describir la biodiversidad terrestre se debe a la reivindicación de la Taxonomía como una ciencia analítica y dinámica por un lado, y la constante mejora

en la elaboración y distribución de la información por otro. De esta última, la creación de revistas científicas dedicadas a publicar principalmente trabajos descriptivos y colaboración en revisiones taxonómicas coordinadas simultáneamente por varios laboratorios a nivel mundial, como por ejemplo el programa Planetary Biodiversity Inventory, implementado por la National Science Foundation en Estados Unidos, las mejoras tecnológicas y de precio en la fotografía y video digital y la enorme capacidad del Internet para analizar, almacenar y distribuir grandes cantidades de datos (Wilson, 2004; Wheeler, 2008), son algunas de las ventajas con las que se cuenta hoy para atacar y solucionar el impedimento taxonómico.

Una segunda herramienta que ha sido utilizada para documentar la biodiversidad son los inventarios faunísticos. Estos permiten conocer la diversidad alfa dentro de un área delimitada y proporcionan información acerca de ciertos parámetros como los patrones de distribución de especies dentro de un hábitat, la eficiencia del muestreo y la tendencia a representar el número total de especies de una comunidad (Colwell y Coddington, 1994; Bodner, 2002). En la última década el trabajo faunístico ha sido responsable en gran parte del incremento en el número de especies conocidas, permitiendo desarrollar métodos de muestreo para comparar la riqueza de especies en biomas distintos (Platnick y Raven, 2013). Sin embargo, su progreso es parcial y heterogéneo debido a los retos particulares que presentan los distintos grupos de animales.

La Diversidad cibernética (Miller *et al.* 2014) surge como posible solución a la crisis de la biodiversidad ya que utiliza las mejoras tecnológicas y los avances científicos mencionados anteriormente pero enfocados a la documentación de inventarios biológicos. Su metodología incluye la aplicación de muestreos sistemáticos, rápidos, y específicos para cada grupo de organismos (Coddington *et al.* 1991; Scharff *et al.* 2003), la utilización de éstos datos para comparar y estimar la riqueza de especies entre áreas (Colwell y Coddington, 1994; Colwell, 2011) y la publicación de datos morfológicos y moleculares en páginas de internet especializadas como *GBIF*, *GeneBank*, *NCBI*, *Morphbank*, entre otras. Las bases de datos asociadas a bancos de imágenes de alta resolución son importantes porque permiten hacer comparaciones directas entre diferentes regiones sin importar el estado taxonómico del grupo, lo que agiliza la identificación de especies nuevas y da precisión de las determinaciones (Miller *et al.* 2009; Rivera-Quiroz *et al.* 2016; Alvarez-Padilla *et al.* in prep.).

Generalidades del Orden Araneae

El Orden Araneae es el séptimo grupo más diverso de animales después de los cinco órdenes más diversos de insectos y ácaros. Entre estas taxas, las arañas son excepcionales por su completa dependencia de la depredación como estrategia trófica (Coddington y Levi, 1991) y su habilidad en el uso de la seda en una variedad de funciones ecológicas, particularmente en la construcción de redes para la captura de presas y como un método de dispersión denominado *balloning* (Blackledge *et al.* 2009). Las arañas presentan una distribución mundial ocupando todos los ecosistemas terrestres disponibles con excepción de la Antártica, sin embargo su mayor diversidad se encuentra en las regiones tropicales donde se estima que un tercio de los géneros conocidos está presente. Estudios taxonómicos con Araneae señalan que la diversidad real del orden oscila entre 76, 000 y 170, 000 especies, sugiriendo que gran parte de las especies nuevas se distribuyen en estos ecosistemas (Coddington y Levi, 1991; Platnick, 1999; Foelix, 2011).

La importancia de las arañas radica en muchos aspectos: al ser depredadores carnívoros con especializaciones ecológicas como la eurifagia, oligofagia y estenofagia se han propuesto como agentes estabilizadores y/o reguladores de las poblaciones de artrópodos de los que se alimentan en agroecosistemas, ecosistemas forestales y otros ecosistemas terrestres (Reichert y Lockley, 1984; Pekár *et al.* 2011; Foelix, 2011). Estas poblaciones incluyen insectos de importancia agrícola y epidemiológica, por lo que presentan gran relevancia como sustituto de insecticidas en el control y prevención de plagas de interés económico además del control epidemiológico de especies causantes de enfermedades emergentes (Nyffeler y Benz, 1987; Reichert y Bishop, 1990; Ubick *et al.* 2005). También se han propuesto como indicadores de riqueza de ecosistemas terrestres y debido a su alta diversidad, sensibilidad a variables medioambientales y en algunos casos restringida distribución geográfica, estos artrópodos permiten evaluar la biodiversidad terrestre a escalas locales y sus cambios a través del paisaje. Además dan seguimiento a gradientes ecológicos a una resolución espacial más fina, lo que permite establecer prioridades de conservación para grupos menos diversos como vertebrados y plantas vasculares (Colwell y Coddington, 1994; Sharff *et al.* 2003; Miller *et al.* 2014).

Dentro del Orden existen alrededor de 200 especies que son de importancia médica y cuyo veneno puede causar algún daño al humano, sin embargo, solo especies de cuatro géneros: *Atrax*, *Latrodectus*, *Loxosceles* y *Phoneutria*, son conocidos por causar mordeduras potencialmente mortales debido a que sus venenos producen parálisis

muscular o necrosis de tejido (Coddington y Levi, 1991; Foelix, 2011). Las arañas han sido parte de numerosos estudios debido a la importancia de las toxinas presentes en su veneno que pueden ser utilizadas en la síntesis de insecticidas (King *et al.* 2002). Las propiedades biofísicas y mecánicas de la seda que producen como la transición de líquido hidrosoluble a sólido insoluble en agua y su comportamiento viscoelástico con un rendimiento de hasta 250% (Blackledge y Hayashi, 2006; Foelix, 2011; Servín-Pastor, 2015) son de gran utilidad en la industria. Otras características de la seda como su alta resistencia a la tracción, extensibilidad, dureza, biocompatibilidad y baja degradabilidad, han sido utilizadas en distintos campos como la biomedicina para el desarrollo de conductos nerviosos, articulaciones, tendones y ligamentos artificiales (Allmeling *et al.* 2006; Baoyong *et al.* 2010; Huang *et al.* 2012). En la industria textil se han usado para la fabricación de redes de pesca y vestidos ceremoniales además de proponerse como remplazo natural para las fibras sintéticas como el Nylon en el campo de la bioingeniería (Hsia *et al.* 2011; Vollrath *et al.* 2013).

El registro fósil de las arañas se remonta al periodo Devónico aproximadamente 380 Ma con el Orden Uraraneida que incluye a las especies *Attercopus fimbriunguis* y *Permarachne novokshonovi*, el cual presenta características morfológicas como la presencia de órganos para la producción de seda, que lo colocan como el ancestro inmediato de Araneae (Dunlop *et al.* 2015). En cuanto al orden se refiere, actualmente se conocen 1, 192 especies fósiles, siendo las más antiguas representantes de la familia Arthrolycosidae provenientes del Carbonífero cerca de 320 Ma. La familia Hahniidae se encuentra representada por cuatro especies: *Cymbiohahnia parens*, *Eohahnia succini*, *Protohahnia antiqua* y *P. tripartita* que datan del Paleogeno, hace 55 a 30 Ma (Dunlop *et al.* 2015).

Morfología

El Orden Araneae se distingue de otros artrópodos por las presencia de las siguientes características: cuerpo dividido en dos tagmas (prosoma y opistosoma) unidos por un pedicelo; glándulas productoras de seda localizadas en el abdomen asociadas a apéndices transformados en hileras; glándulas de veneno asociadas a los quelíceros; tarso del pedipalpo del macho modificado para la transferencia de esperma, la ausencia del músculo depresor trocánter-fémur y la pérdida de segmentación abdominal, excepto en Mesothelae y algunas Mygalomorphae (Foelix, 2011).

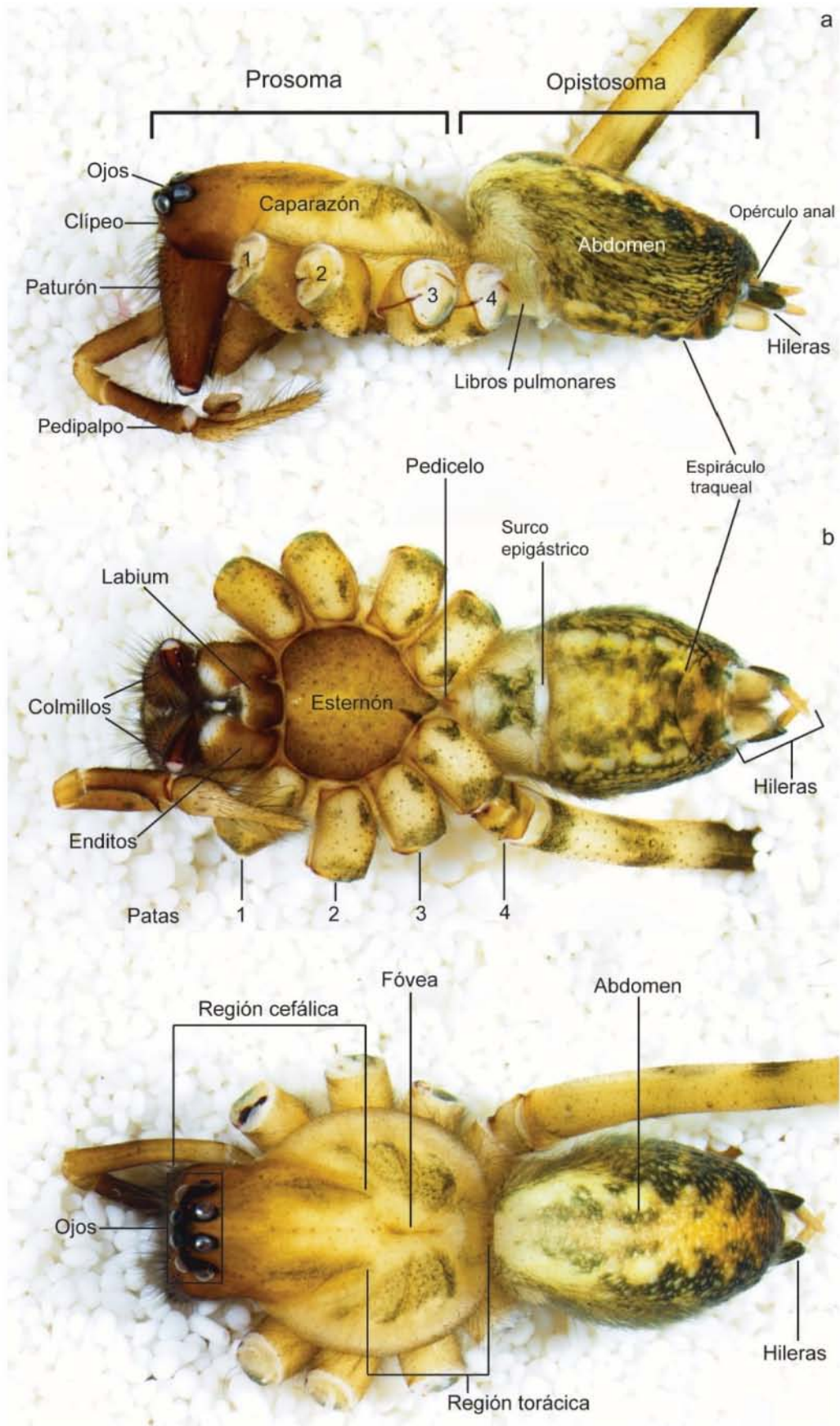


Fig. 1. Morfología general de *Tegenaria* (Agelenidae). a) Vista lateral, b) Vista ventral, c) Vista dorsal. (1-4) apéndices locomotores.

Prosoma. El cuerpo de las arañas se encuentra dividido en dos unidades funcionales o tagmas: un prosoma o cefalotórax y un opistosoma o abdomen unidos por un pedicelo que corresponde al séptimo segmento corporal (Fig. 1). El prosoma se compone de una placa dorsal denominada caparazón, que en la mayoría de las arañas, presenta un surco o fóvea en la región media que se extiende hacia el interior formando una cresta que sirve como sitio de anclaje para los músculos dorsales del estómago suctor. Surcos menos conspicuos radian de la fóvea dividiendo al caparazón en una región cefálica anterior y una región torácica posterior (Fig. 1c). Ventralmente el cefalotórax se encuentra cubierto de una placa llamada esternón la cual proviene de cuatro esternitos fusionados (Fig. 1b) (Foelix, 2011).

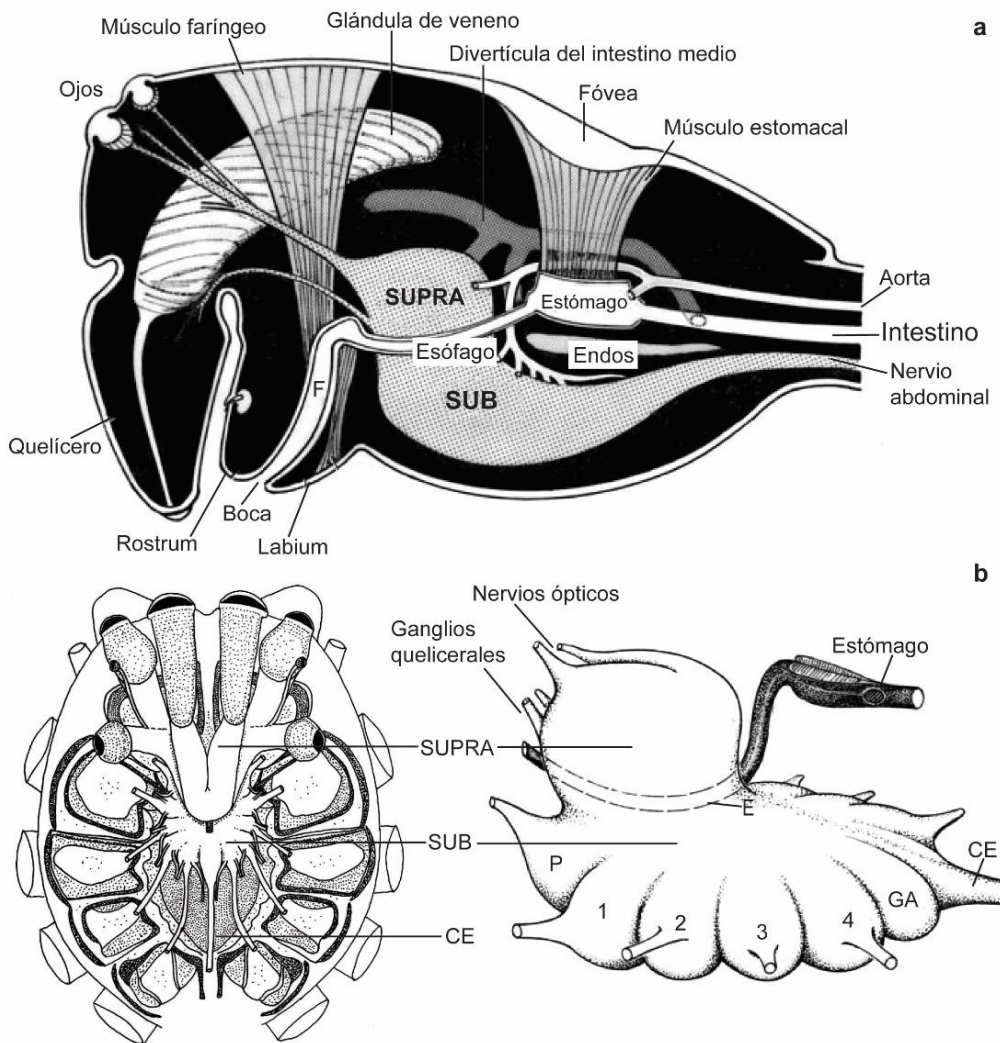


Fig. 2. Sistema nervioso central. a) Sección longitudinal del prosoma, b) SNC de *Phidippus rimator* (izquierda) y *Tegenaria* (derecha). (CE) Cauda equina, (Endos) Endosternito, (E) Esófago, (F) Faringe, (GA) Ganglio abdominal, (P) Ganglio del pedipalpo, (SUB) Ganglio subesofágico, (SUPRA) Ganglio supraesofágico, (1-4) Ganglios de las patas. Ilustraciones modificadas de Foelix (2011).

Dentro del prosoma se encuentra el sistema nervioso central agrupado en dos ganglios compactos que están divididos horizontalmente por el esófago: un ganglio subesofágico y un ganglio supraesofágico (Fig. 2a). Durante el desarrollo embrionario los ganglios abdominales migran hacia la parte anterior, donde se fusionan caudalmente con los ganglios de los apéndices dando surgimiento al ganglio subesofágico, de ellos, surge un conjunto de nervios cónicos llamados *cauda equina* que inervan hacia los órganos del opistosoma. El ganglio supraesofágico es de menor tamaño y se compone de los ganglios quelicerales (nervios de la musculatura de los quelíceros, la faringe y las glándulas de veneno) y el “cerebro” que recibe los nervios ópticos y alberga los centros de asociación (Fig. 2b). Debido a su homología con el resto de los apéndices, los ganglios quelicerales originalmente se encuentran conectados al ganglio subesofágico, sin embargo, por un proceso de migración durante el estado embrionario topológicamente se encuentran fusionados al ganglio supraesofágico (Foelix, 2011).

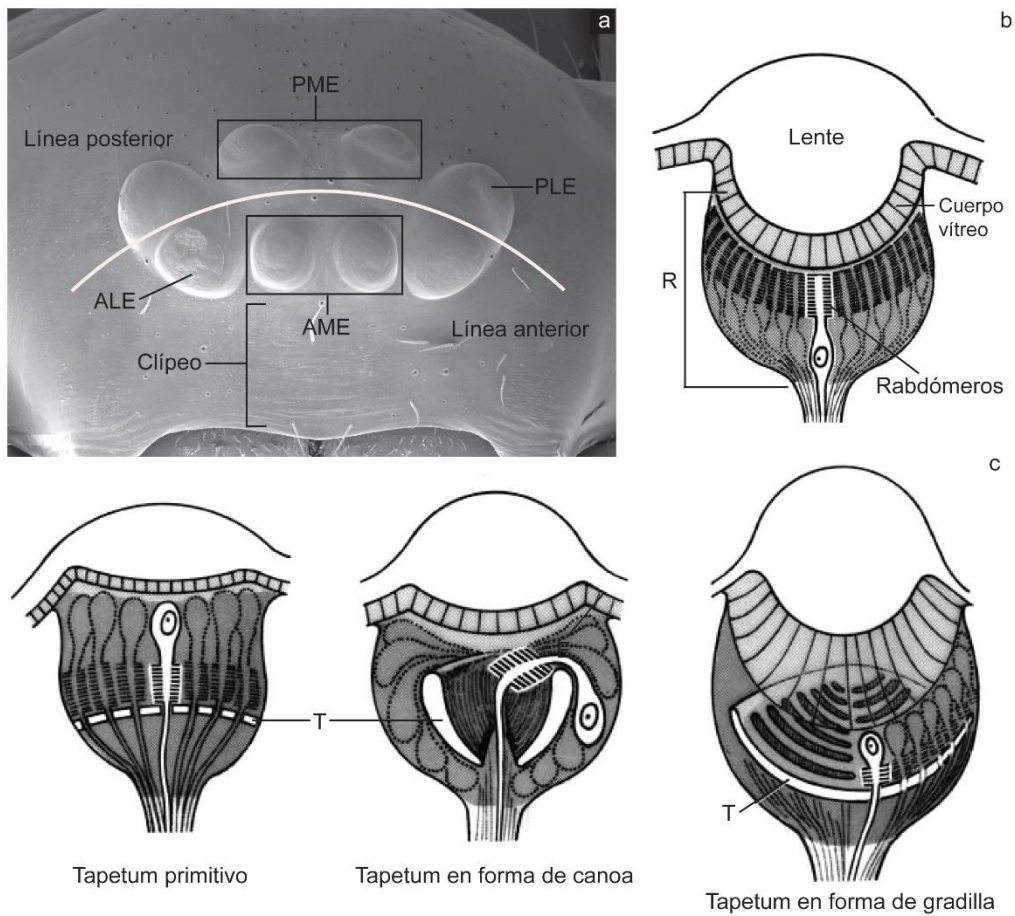


Fig. 3. Ojos. a) Configuración ocular de *Calymmaria persica*, b) Corte sagital de un ojo principal y sus componentes. (R) Retina, c) Ojos secundarios y tipos de *tapetum*. Fotografía de SEM: cortesía de Charles Griswold, ilustraciones modificadas de Foelix (2011).

Los ojos se encuentran en la región cefálica del prosoma en un número de cero a ocho. Su orientación y disposición permite dividirlos en dos o tres líneas que presentan patrones específicos para cada familia (Fig. 3a). De acuerdo a su posición pueden ser referidos como anteriores medios (AME), anteriores laterales (ALE), posteriores medios (PME) y posteriores laterales (PLE). Todos los ojos son *simples* y estructuralmente pueden ser de dos tipos: ojos principales y ojos secundarios. Los ojos anteriores medios (AME) son llamados ojos principales porque las regiones sensitivas a la luz (rabdómeros) de las células visuales se sitúan distalmente, es decir, se dirigen hacia la luz, mientras que en los ojos secundarios (ALE, PME y PLE) los rabdómeros se sitúan proximalmente, es decir, se alejan de la luz (Fig. 3b, c). En su mayoría, los ojos secundarios tienen una capa reflejante de depósitos cristalinos llamada *tapetum*, la cual puede presentarse en distintas formas dependiendo de la familia, reconociéndose tres tipos básicos que difieren en su anatomía (Fig. 3c). Los AME carecen de *tapetum*. El área entre la línea anterior de ojos y el margen anterior del caparazón es llamada clipeo.

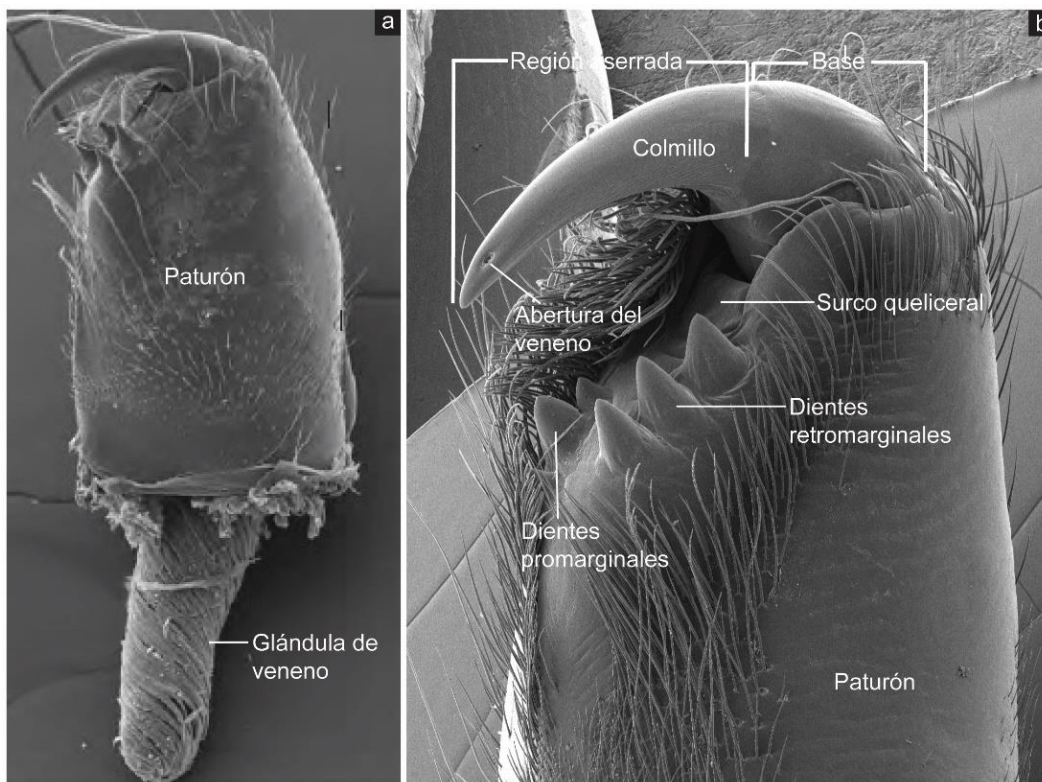


Fig. 4. Quelíceros. a) Quelícero de *Gayenna americana* (Anyphaenidae), b) Estructura del quelícero de *Zorocrates cf. mistus*. Fotografías: a, tomado de Ramírez (2014), b, cortesía de Charles Griswold.

Los quelíceros son el primer par de apéndices del prosoma y están compuestos por dos segmentos: un segmento basal o paturón y un colmillo articulado móvil que presenta una abertura cerca de la punta por donde inocula el veneno (Fig. 4). Ambos segmentos están unidos por medio de una membrana articular mesal, y por encima de ésta, un pequeño esclerito llamado *plagula ventralis*, funciona como punto de inserción para el músculo flexor que se ubica dentro del paturón. La región ectal del paturón puede presentar un área de pliegues que funcionan como órgano estridulador. Los paturones se articulan uno con otro mediante un esclerito interquelicerol o *postquilum*, anterior a éste se ubica un esclerito llamado *quilum* el cual se articula con el margen clipeal. Cuando está plegado, el colmillo descansa sobre un surco, los márgenes anterior (promargen) y posterior (retromargen) de este surco están usualmente armados con series de dientes y sedas especializadas (Fig. 4b). El colmillo se articula en dos cóndilos y presenta dos secciones, una base glabra corta y una región más larga que usualmente exhibe estrías longitudinales y una sérrula sobre el margen interno posterior (Fig. 4b). Las glándulas de veneno que se sitúan dentro del segmento basal están cubiertas por músculos en un patrón helicoidal y pueden proyectarse hacia el interior del prosoma en arañas del suborden Araneomorphae (Fig. 4a) (Foelix, 2011; Ramírez, 2014). Los quelíceros son de importancia taxonómica debido a que son caracteres que pueden ser diagnósticos a nivel de familia, género y especie. Sin embargo, suelen presentarse otras modificaciones notables en la morfología del quelícero principalmente en los machos que pueden ser usados durante el cortejo y la cópula (Foelix, 2011).

El segundo par de apéndices está constituido por los pedipalpos, los cuales se componen de seis segmentos: coxa, trocánter, fémur, patela, tibia y tarso. Las coxas (enditos) en estos apéndices se encuentran modificadas como piezas bucales que auxilian en el proceso de alimentación. Su borde anterior presenta una línea de pequeños dientes denominada *serrula* y el margen interior está cubierto por una densa capa de sedas modificadas que actúan como filtro mientras la araña succiona a la presa después de haber sido cortada por la *serrula* (Fig. 5a, c). La abertura bucal esta bordeada lateralmente por los enditos, anteriormente por un esclerito denominado *rostrum* y posteriormente por una lámina llamada *labium*. Juntos forman la boca y constituyen el primer y segundo proceso de filtrado en el proceso de digestión interna, una vez que la presa es ingerida por medio de la presión ejercida por los músculos de la faringe y el estómago suctor, éste último dando origen en su región caudal al intestino medio, el cual se ramifica en su parte proximal en numerosas divertículas que se extienden dentro de las coxas (Fig. 5b, d). En el intestino

medio se lleva a cabo el proceso de absorción de nutrientes debido a que éste carece de cutícula, lo que permite la libre interacción de las células secretoras (enzimas digestivas que degradan el alimento) y las células resorptivas, las cuales procesan los nutrientes, con el alimento (Foelix, 2011).

Los pedipalpos son usados durante la alimentación en la manipulación de presas, la limpieza de piezas bucales y el cortejo. En los machos, la función de estos apéndices está orientada a la reproducción volviéndose un órgano genital secundario. Dicho órgano es una modificación en el segmento tarsal del pedipalpo que almacena esperma y lo transfiere durante la inseminación (Fig. 9) (Foelix, 2011).

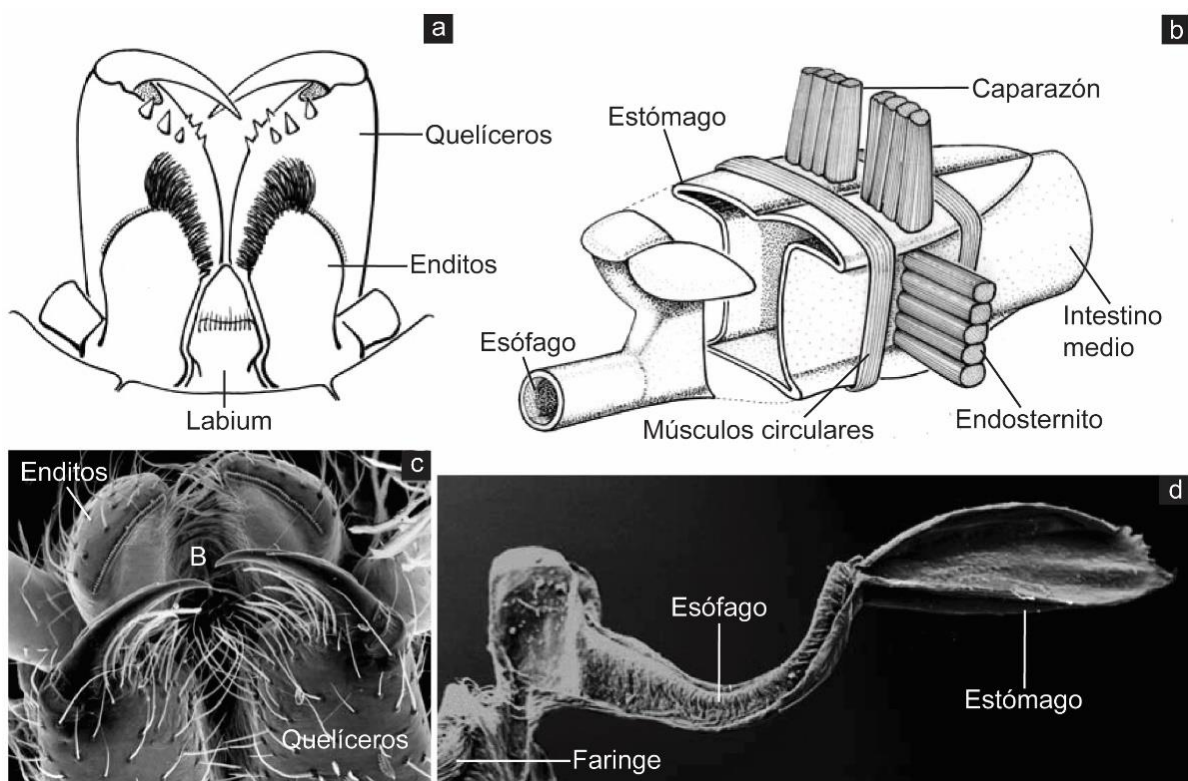


Fig. 5. Estructuras bucales y sistema digestivo. a) Piezas bucales de *Lycosa* (Lycosidae) vista ventral, b) Estómago suctor. Los músculos de dilatación se localizan dorsalmente al caparazón y lateralmente al endosternito. Los músculos circulares contraen al estómago suctor, c) Piezas bucales de *Portia* (Salticidae) vista frontal, la boca (B) se sitúa entre los enditos y detrás de los quelíceros, d) Estructura del esófago y estómago de *Atypus* (Atypidae). Fotografías y esquemas modificados de Foelix (2011).

Las patas representan los últimos cuatro pares de apéndices y su principal función es la locomoción. Éstas surgen de la *pleura* entre el caparazón y el esternón y están conformadas por siete segmentos de su parte proximal a distal: coxa, trocánter, fémur, patela, tibia, metatarso y tarso. Se enumeran de I a IV a partir de la región anterior a la posterior y la región distal del tarso puede presentar dos o tres uñas cuya función se relaciona con la manipulación de la seda (Fig. 6a, c) (Foelix, 2011). En el ganglio subesofágico residen cinco pares de ganglios que inervan los receptores químicos y mecánicos ubicados en los pedipalpos y las patas. Los mecanorreceptores están constituidos por vellosidades llamadas sedas de constitución y presentan diversas variantes estando entre las más comunes las espinas o macrosedas, las tricobotrias y las sensilas mecanorreceptoras. En ocasiones las sensilas se agrupan en estructuras llamadas órganos liriformes ubicadas en las uniones de los segmentos de apéndices y zonas donde la cutícula está sujeta a mayor tensión. Además de los mecanorreceptores existen estructuras quimiorreceptoras como los órganos tarsales cuya función es la detección de humedad y temperatura y los quimiorreceptores de contacto que son usados durante el cortejo por los machos para detectar las feromonas liberadas por las hembras (Fig. 6b, d) (Foelix, 2011).

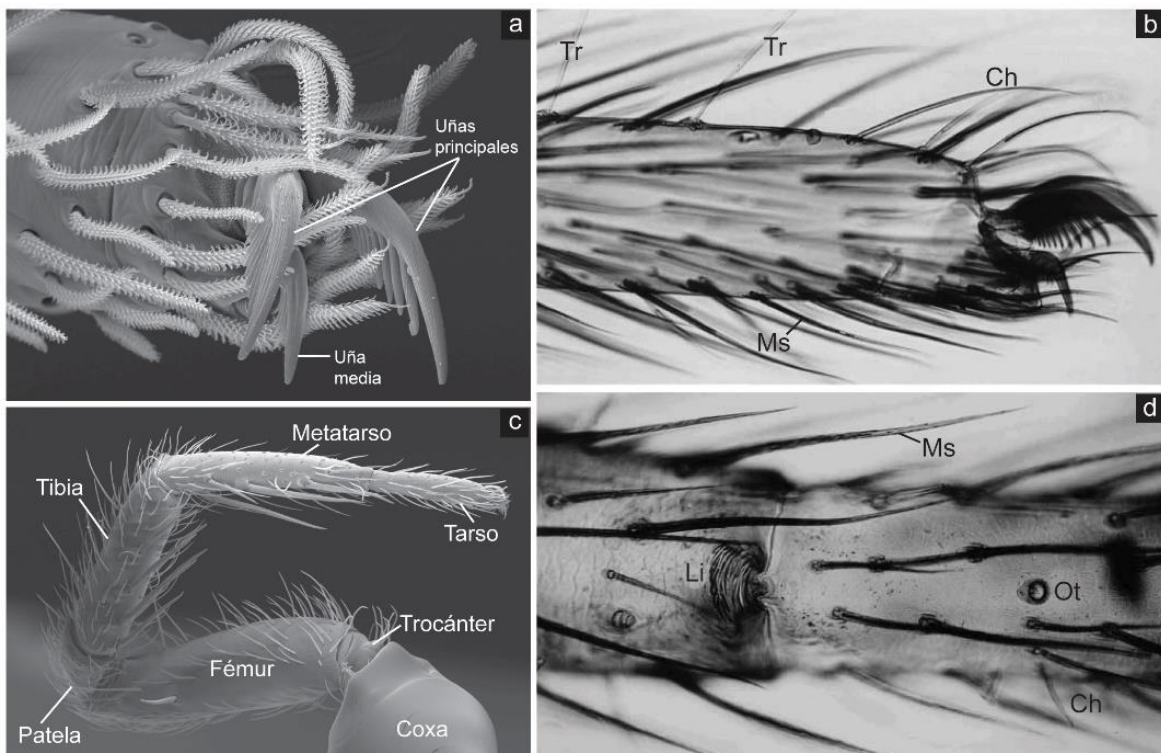


Fig. 6. Patas y receptores químicos y mecánicos. a) Uñas tarsales de *Cryphoeca silvicola*, b) Tarso de *Agelena*, vista lateral, (Tr) Tricobotria, (Ch) Quimiorreceptor, (Ms) Macroseda, c) Pata de *C. silvicola*, vista prolateral, d) Articulación tarso-metatarso de *Araneus*, vista dorsal, (Li) Órgano liriforme, (Ot) Órgano tarsal. Fotografías a y c, cortesía de Charles Griswold, b y d, modificadas de Foelix (2011).

Opistosoma. El opistosoma o abdomen constituye el segundo tagma de una araña siendo la falta de apéndices locomotores y la ausencia de segmentación externa (excepto en Liphistiidae) sus características más notables (Fig. 7b). En él se llevan cabo las funciones de digestión, excreción, reproducción, respiración, circulación y producción de seda (Fig. 7a) (Foelix, 2011).

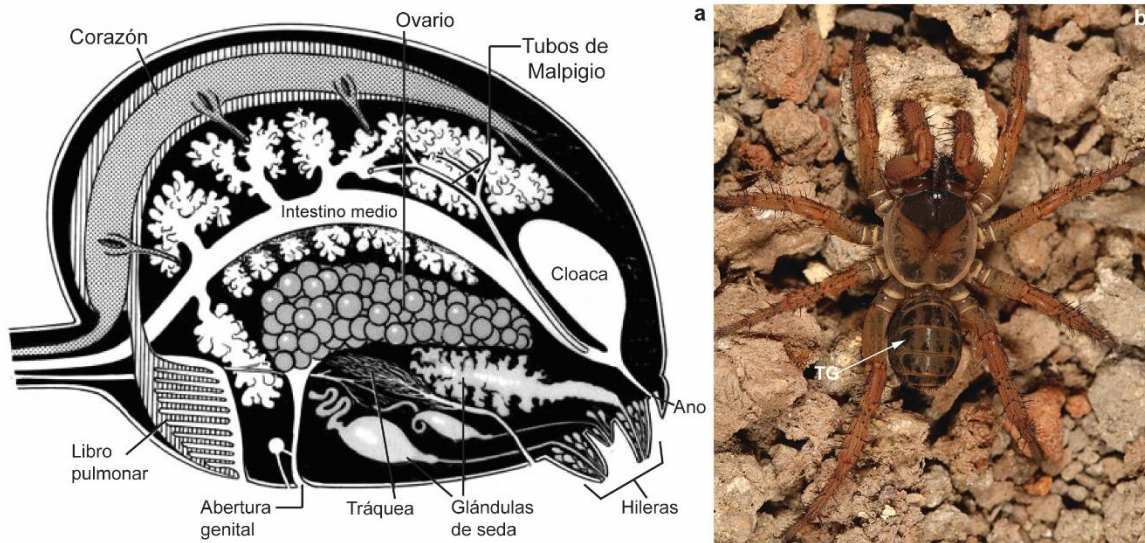


Fig. 7. Opistosoma. a) Sección longitudinal del opistosoma de una hembra, b) Habitus dorsal de *Heptathela yanbaruensis* (Liphistiidae), (TG) Terguito. a. Modificado de Foelix (2011), b. Modificado de Xu, *et al.* (2015).

En el segundo y tercer segmento abdominal se encuentran las aberturas del sistema respiratorio en forma de libros pulmonares o tráqueas. Los libros pulmonares son órganos especializados en el intercambio gaseoso y externamente pueden observarse como parches de cutícula sin seda en cuya región posterior se encuentra una abertura denominada *hendidura pulmonar*, la cual se continua al interior del abdomen dando origen a un pequeño atrio que se alarga y se extiende en numerosas bolsas de aire que se encuentran en contacto con láminas llenas de hemolinfa (Fig. 8d, e). Las especies del orden presentan en su mayoría un par de libros pulmonares, sin embargo, algunos grupos como Austrochilodea, Hypochilidae, Mesothelae y Mygalomorphae presentan dos pares, siendo éste un carácter ancestral dentro del grupo. Las tráqueas tubulares se sitúan debajo de los libros pulmonares en el tercer segmento abdominal y externamente sólo puede observarse una pequeña abertura denominada espiráculo o estigma la cual puede variar su posición estando generalmente más cercana a la base de las hileras medias. Su posición relativa puede explicarse por un proceso de elongación del tercer segmento durante el desarrollo como beneficio al reacomodo de las hileras hacia la parte posterior del abdomen. Internamente presentan un desarrollo que varía entre las distintas familias, pudiendo ser

desde tubos pequeños y cortos hasta presentar un sistema altamente ramificado que inerva el prosoma y las extremidades (Fig. 8b, c). Estructuralmente, las tráqueas están constituidas por un estigma que conduce a un pequeño atrio del cual se originan cuatro tráqueas tubulares. Las dos tráqueas laterales o primarias corresponden al segundo par de libros pulmonares en arañas primitivas (p. ej. Mesothelae y Mygalomorphae) y se pueden conectar a las aurículas del primer par de libros pulmonares. Las dos tráqueas medias o secundarias son estructuras derivadas que se desarrollan de puntos de inserción muscular o entapófisis en el tercer segmento abdominal. Debido a que son ahuecadas y presentan una delgada cutícula pueden funcionar como órganos respiratorios (Fig. 8a) (Foelix, 2011; Schmitz, 2013).

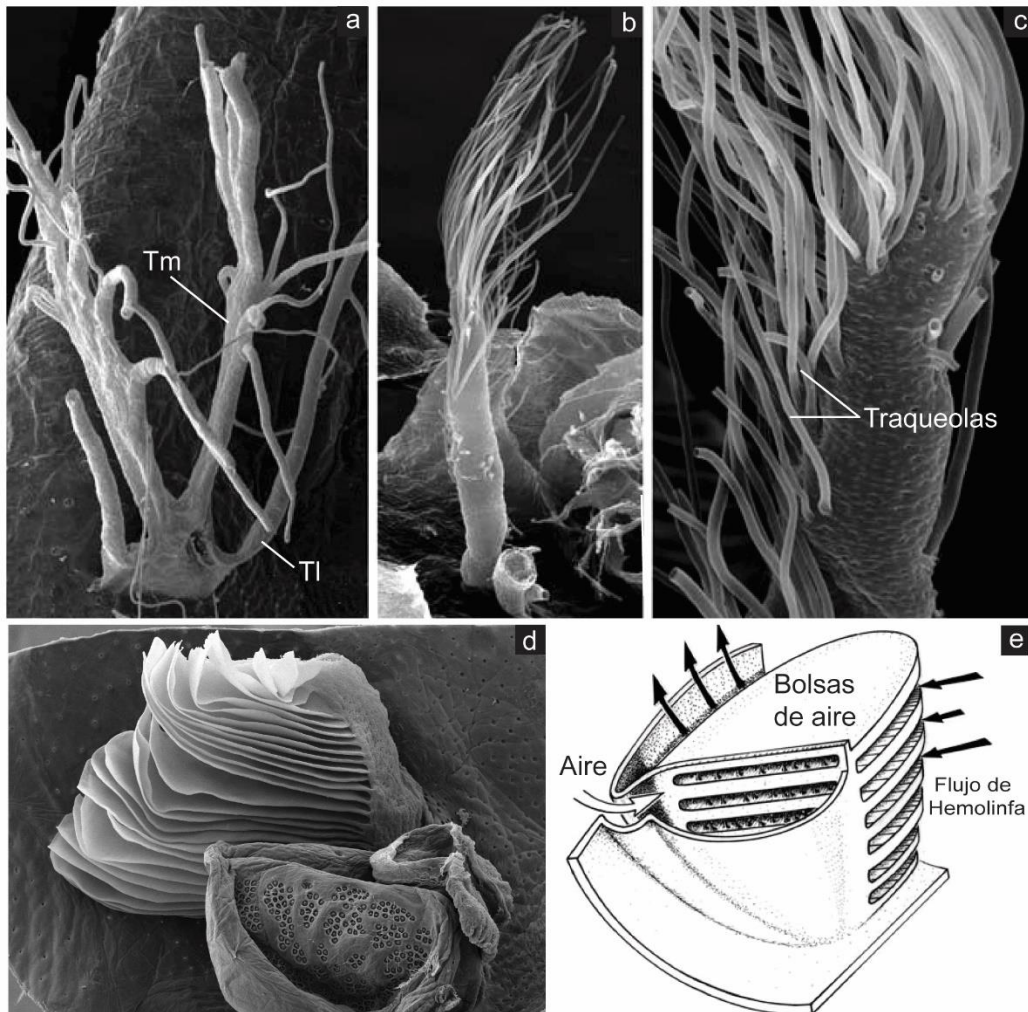
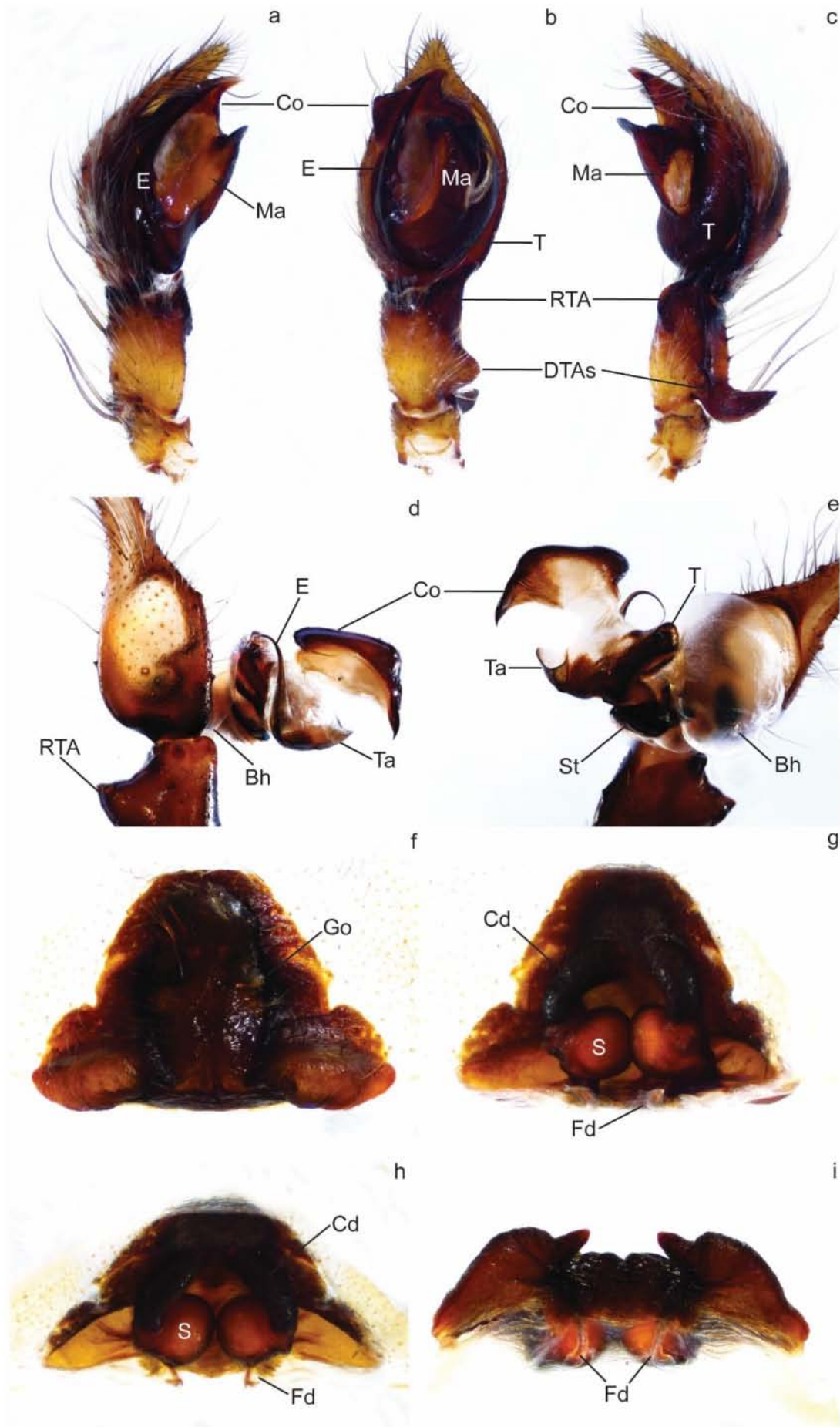


Fig. 8. Sistemas respiratorios. a) Sistema traqueal de *Nanometa*, se aprecian las tráqueas medias (Tm) y las tráqueas laterales (Tl), b), c) Sistema ramificado en traqueolas de *Glenognatha*, d) Libro pulmonar de *Archaea workmani*, e) Estructura de un libro pulmonar. La flecha blanca indica la entrada de aire y las flechas negras el flujo de la hemolinfa. Fotografías y esquema: a, b, c, e modificados de Foelix (2011), d: cortesía de Charles Griswold.

En el segundo segmento abdominal se ubica la abertura genital llamada *surco epigástrico*, el cual conduce a los ovarios o testículos que constituyen el sistema reproductivo primario de una araña. En las hembras el surco epigástrico presenta modificaciones internas y externas que regulan la cópula en favor de los intereses poliándricos del organismo (Eberhard, 1985). Existen dos tipos de sistema reproductivo en arañas denominados haplógeno y entelégino, cuyos órganos relacionados son de importancia taxonómica. En el sistema haplógeno la única abertura genital funciona tanto en la recepción de espermatozoides como en la fertilización y liberación de huevos (faltando ocasionalmente las espermatecas). Los machos haplógenos presentan un bulbo simple y la inseminación en arañas con este sistema se efectúa por medio de movimientos musculares a partir de la inmersión completa del bulbo al surco epigástrico de la hembra. En el sistema entelégino las hembras han desarrollado un engrosamiento de la cutícula llamado *epigino* que se ubica anterior al pliegue epigástrico (Fig. 9). En esta estructura se asocian canales y cavidades que transportan y almacenan el espermatozoides. Durante la cópula el embolo del macho es insertado a través de una abertura genital externa que conduce a un *conducto de copulación* por donde las células espermáticas viajan hasta llegar a los receptáculos seminales donde se almacenan hasta que los óvulos maduran (Fig. 9f, g). Posteriormente el espermatozoides viaja a través de un *conducto de fertilización* que termina en el útero externo donde se fertilizan los huevos mientras son expulsados a través de la abertura genital (Fig. 9h, i) (Foelix, 2011). Los machos enteléginos presentan un bulbo compuesto por estructuras suaves y expandibles llamadas hematodocas sobre las que se encuentran estructuras esclerotizadas (*escleritos*) que reciben diferentes nombres de acuerdo a su posición, forma y función (Fig. 9a, b, c). Estos escleritos presentan diversas proyecciones denominadas *apófisis* que son importantes durante la copulación, debido a que adquieren una configuración espacial definida por la expansión de las hematodocas como resultado del aumento en la presión hemolinfática (Fig. 9d, e). Finalmente las espermatecas en ambos tipos de sistema genital están asociadas a glándulas accesorias cuya función es mantener el espermatozoides vivo hasta la maduración de los óvulos y la activación de éste durante la fertilización (Forster, 1980; Foelix, 2011).

Fig. 9. Genitalia, sistema entelégino. a) Pedipalpo de *Novalena*, vista prolateral, (Co) Conductor, (E) Embolo, (Ma) Apófisis media, b) Mismo que anterior vista ventral, (T) Tegulo, (RTA) Apófisis retrolateral de la tibia, (DTA) Apófisis distal de la tibia, c) Mismo que anterior vista retrolateral, d) Pedipalpo expandido de *Tegenaria atrica*, vista prolateral, (Bh) Hematodoca basal, (Ta) Apófisis tegular, e) Mismo que anterior vista retrolateral, (St) Subtegulo, f) Epigino de *Novalena* vista ventral, (Go) Abertura genital, g) Epigino vista lateral, (Cd) Conducto de copulación, (Fd) Conducto de fertilización, (S) Espermateca, h) Epigino vista apical, i) Epigino vista posterior. Fotografías d, e: cortesía de Charles Griswold.



Las hileras representan una de las sinapomorfias más importantes para el orden y sus implicaciones evolutivas se atribuyen a las diversas funciones que tiene la seda que producen. Estas estructuras se ubican en el cuarto y quinto segmento abdominal y son serialmente homólogas a apéndices prosomales que se asociaron a glándulas productoras de seda cuyas válvulas son denominadas fúsulas. Estas glándulas pueden variar en forma y bioquímica llegando a producir hasta ocho diferentes tipos de seda en arañas constructoras de redes además de poder diferir en cantidad y tipo dentro de la misma especie generalmente entre machos y hembras. En el suborden Mesothelae las hileras se ubican en la región media del abdomen y presentan dos pares en el cuarto segmento y dos pares en el quinto segmento. Cada uno de estos pares proviene de una protuberancia homóloga a la de los otros apéndices que durante el desarrollo se divide en una porción anterior y una posterior dando origen a las hileras separadas denominadas como anteriores medias (AMS), anteriores laterales (ALS), posteriores medias (PMS) y posteriores laterales (PLS). De acuerdo a esta nomenclatura, las arañas del suborden Mygalomorphae presentan dos pares de hileras homólogas a las hileras del quinto segmento en Mesothelae con la reducción de la línea anterior. En Araneomorphae el número de hileras se reduce a tres pares, siendo las hileras del cuarto segmento homólogas al par anterior lateral de Mesothelae y las hileras anteriores medias una estructura funcional llamada *cribello* (una placa aplanada esclerotizada que lleva de cien a doscientas fúsulas que producen una seda muy fina, seca y extremadamente adhesiva). En algunas arañas el cribello puede estar degenerado en una estructura no funcional llamada *colulo* o bien puede haberse perdido completamente (Hilbrant, 2008; Foelix, 2011).

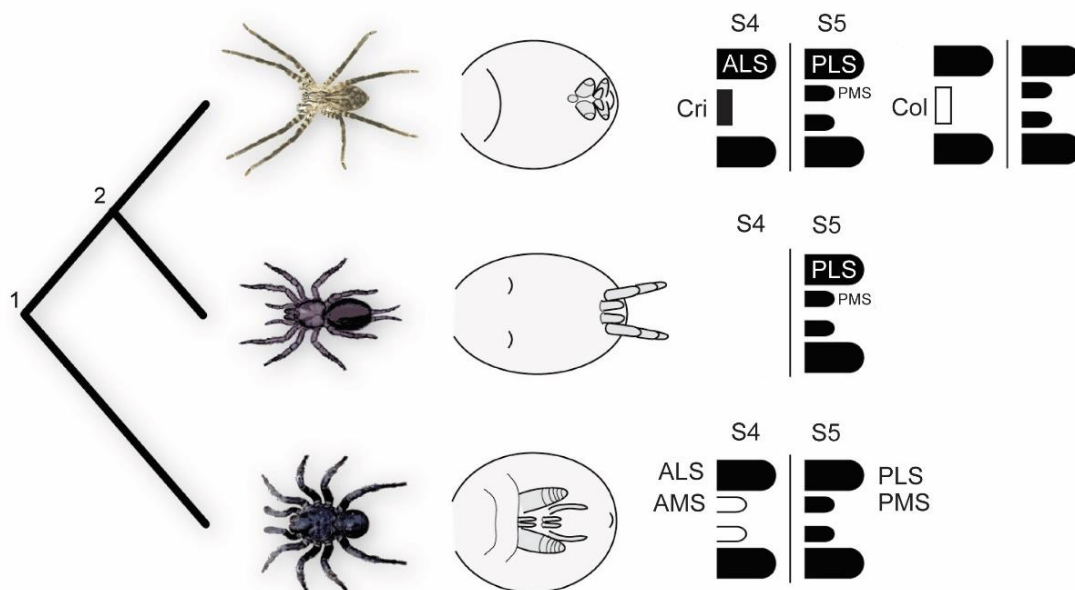


Fig. 10, página anterior. Evolución de las hileras en los subórdenes de Araneae. La columna de la izquierda muestra la vista dorsal de *Liphistius* sp. (Mesothele), *Euagrus* sp. (Mygalomorphae) y *Cuppienius salei* (Araneomorphae) de abajo a arriba. La columna media muestra ilustraciones de la morfología de las hileras. La columna de la derecha muestra esquemas de las hileras. En negro, las estructuras se asocian a glándulas de seda. (Col) Colulo, (Cri) Cribelo, (S4) Segmento cuatro del opistosoma, (S5) Segmento cinco del opistosoma. 1) Ancestro común inmediato de las arañas, 2) Ancestro común inmediato de Opisthothelae.

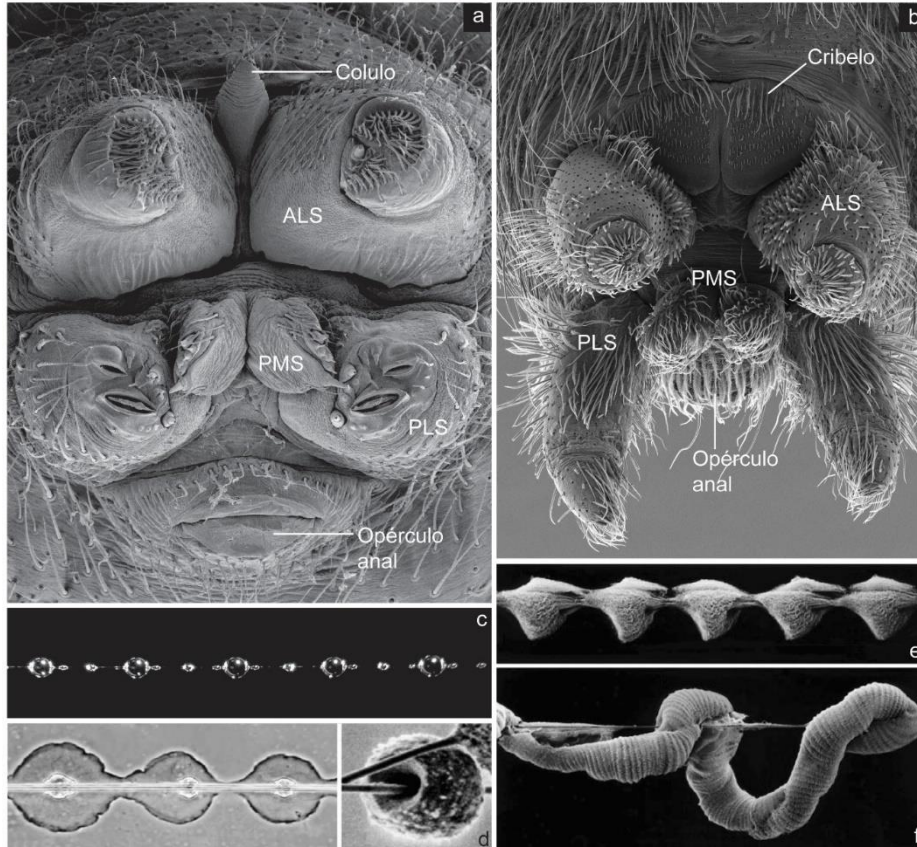


Fig. 11. Hileras de Araneomorphae. a) Hileras de *Latrodectus hesperus* (Theridiidae), b) Hileras de *Acanthoctenus* (Ctenidae), c) Hilo de seda no cribelado de *Nephila* con gotas líquidas pegajosas, d) Núcleo de glicoproteínas al interior de las gotas, e), f) Hilo de seda de Uloboridae y de Dictynidae mostrando el arreglo cribelado. Fotografías a, b, cortesía de Charles Griswold, c, d, e, f, modificadas de Foelix (2011).

Taxonomía y Sistemática

Las especies de Araneae se incluyen en tres subórdenes: Mesothele, Mygalomorphae y Araneomorphae. El suborden Mesothele está conformado por 88 especies incluidas en tres géneros dentro de la Familia Liphistiidae, su distribución se restringe al Sureste Asiático y representa un linaje plesiomórfico de arañas por la siguiente combinación de caracteres: presencia de terguitos en los segmentos abdominales, presencia de un esternito por debajo del esternón, cuatro libros pulmonares e hileras localizadas ventralmente (Xu *et al.* 2015). Mygalomorphae y Araneomorphae se clasifican en el suborden Opisthothelae que se

diagnostica por el desplazamiento del cuarto y quinto segmento abdominal incluyendo sus hileras asociadas, la reducción de los segmentos posteriores a estos y la falta de segmentación en este tagma (Foelix, 2011). El suborden Mygalomorphae con 2, 817 especies incluidas en 326 géneros y 16 familias se caracteriza por la reducción o pérdida de la línea anterior de hileras, un par de libros pulmonares y la posición de los quelíceros paralelos uno con respecto al otro. Finalmente el suborden Araneomorphae representa la mayor diversidad comprendiendo un total de 42,186 especies incluidas en 3, 550 géneros y 97 familias (WSC, 2015). Una compleja e importante sinapomorfía del grupo es la fusión de las hileras medias anteriores en un *cribello*, además de la posición perpendicular de los quelíceros uno con respecto al otro (Coddington *et al.* 2004; Foelix, 2011). De acuerdo con Griswold *et al.* (2005), el infraorden Araneomorphae puede dividirse en *Paleocribellatae* que comprende a la familia Hypochilidae considerada el grupo hermano de todos los araneomorfos, y *Neocribellatae* cuya sinapomorfia más importante es la reducción del *cribello* a una estructura vestigial denominada *colulo* y la extensión de las glándulas de veneno dentro del prosoma. Sin embargo, el grupo más diverso dentro de Araneomorphae es Araneoclada (incluido en *Neocribellatae*), caracterizado por la transición de los libros pulmonares posteriores y sus apodemas a un sistema traqueal. Éste puede ser dividido en el clado Haplogynae y el clado Entelegynae que se caracterizan por una genitalia simple y una genitalia compleja respectivamente (Foelix, 2011). Dentro de Entelegynae las relaciones internas aún se mantienen sin resolver, sin embargo, un aumento en el número de análisis morfológicos y moleculares en los últimos años han dado evidencia acerca de la existencia de varios grupos monofiléticos entre los que se encuentran Palpimanoidea, Araneoidea, Dionycha y la superfamilia Lycosoidea, estos últimos incluidos en el clado RTA caracterizado por la presencia de una proyección en el pedipalpo del macho denominada *retrolateral tibial apophysis* (Griswold *et al.* 2005; Wood *et al.* 2012a, b; Ramírez, 2014; Polotow *et al.* 2015). Dentro del clado RTA se encuentra la superfamilia Dictynoidea que incluye a las familias: Amaurobioideidae, Argyronetidae, Cybaeidae, Dictynidae, Desidae y Nicodamidae cuyas especies se caracterizan por la presencia de un sistema traqueal altamente ramificado que llega hasta los quelíceros y las patas y dentro de la cual se encuentra la familia Hahniidae. Es importante señalar, que las relaciones internas dentro de esta superfamilia aún se mantienen en constante cambio debido a la heterogeneidad encontrada dentro de las familias y que la falta de estudios taxonómicos y sistemáticos hace difícil la interpretación de la posible evolución de ese clado como un grupo natural (Coddington y Levi, 1991).

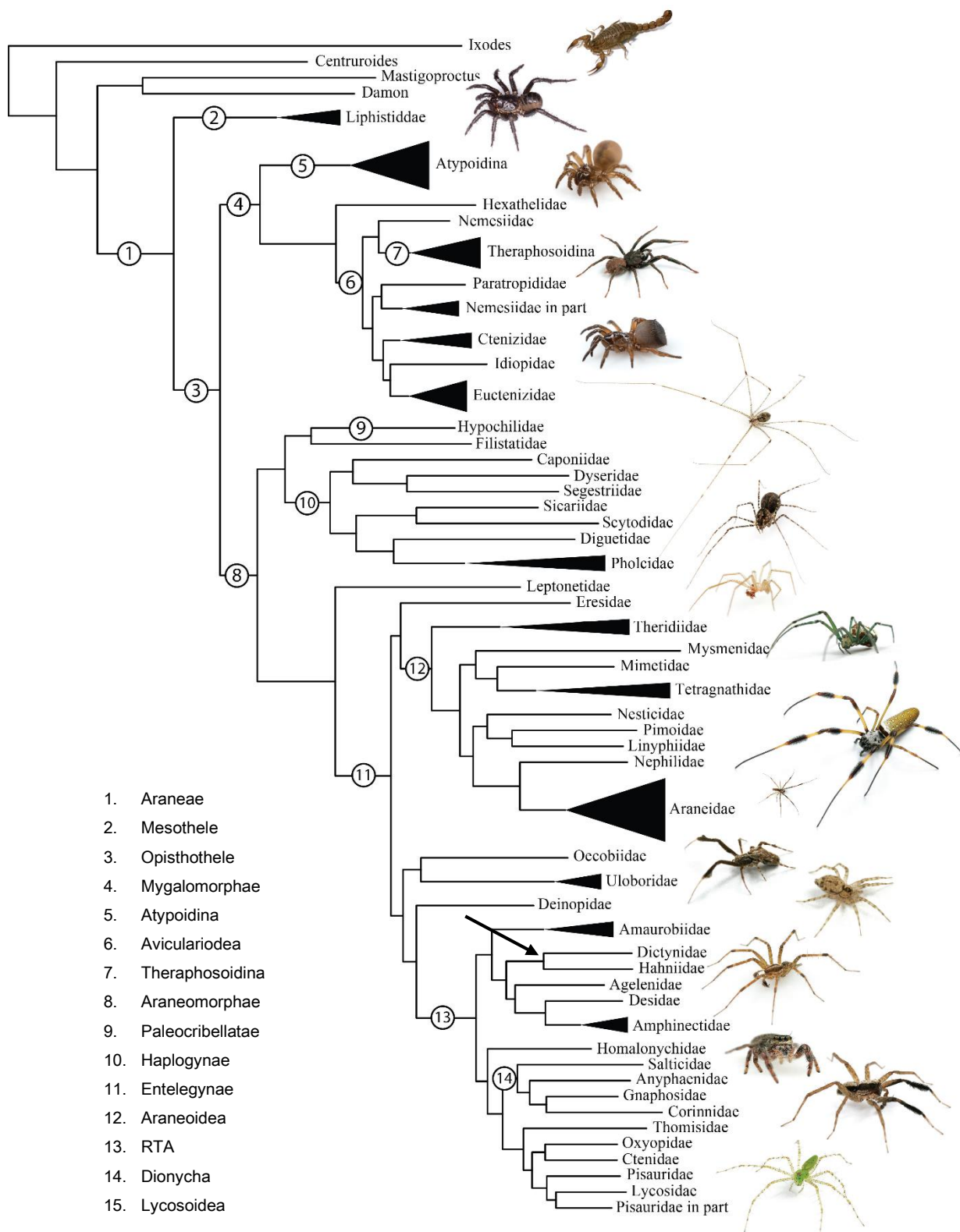


Fig. 12. Árbol filogenético del Orden Araneae obtenido de análisis filogenómicos basados en la secuenciación de transcriptomas. Imágenes en orden descendente: Escorpión, Mesothelae, Antrodiaetidae, Paratropopididae, Ctenizidae, Pholcidae, Scytodidae, Theridiidae, Tetragnathidae, Nephilidae, Uloboridae, Amaurobiidae, Agelenidae, Salticidae, Lycosidae, Oxyopidae. Modificado de Garrison *et al.* (2015). La flecha indica la posición de Hahniidae dentro del árbol.

Generalidades de la familia Hahniidae (Araneae, Araneomorphae)

Diversidad

La familia Hahniidae incluye arañas pequeñas (1-3 mm), enteleginas y escribeladas que son conocidas por el distintivo arreglo de sus hileras. Tiene una amplia distribución y actualmente se conocen 250 especies incluidas en 28 géneros, presentando una mayor diversidad en las regiones Holártica y Paleotropical (World Spider Catalog, 2015). Las contribuciones taxonómicas más importantes para este grupo fueron hechas por Opell y Beatty (1976) para todas las especies con distribución Neártica y Forster (1970) para la fauna de Nueva Zelanda, desde entonces no se han hecho revisiones para estas zonas incluyendo México. Los recientes trabajos taxonómicos para esta familia se han enfocado en las faunas Paleárticas y Paleotropicales (Chen *et al.* 2003; Zhang y Zhang, 2003; Chen *et al.* 2009; Marusik, 2011; Zhang *et al.* 2011; Zhang y Zhang 2013; Zhang *et al.* 2013; Liu *et al.* 2015; Suguro, 2015) los cuales han descrito un número considerable de especies para el género *Hahnia* y *Alistra* además de la descripción del género *Pacifantistea*.

Taxonomía y relaciones Filogenéticas

La taxonomía y sistemática de esta familia ha demostrado ser un reto que aún se mantiene sin resolver. A pesar de ser colocada en el clado RTA satisfactoriamente (Coddington y Levi, 1991), su establecimiento como familia (Bertkau, 1878) ha sido muy inestable a lo largo de la historia, siendo considerada subfamilia dentro de Agelenidae por algunos autores (Emerton, 1890; Simon, 1892; Bristowe, 1938; Gertsch, 1949; Bonnet, 1959; Kaestner, 1968) y como familia independiente por otros (Petrunkevitch, 1933; Gerhardt y Kaestner 1938; Kaston, 1948). Su posición a niveles taxonómicos superiores también ha presentado algunos cambios, primero considerada miembro de la superfamilia Lycosoidea (Gerhardt y Kaestner 1938; Kaston, 1948), posteriormente incluida en Amaurobioidea (Lehtinen, 1967) y actualmente formando parte de Dictynoidea (Forster, 1970; Coddington y Levi 1991). El análisis detallado de la morfología del sistema traqueal ha permitido esclarecer su colocación dentro de Dictynoidea, sin embargo, la falta de análisis filogenéticos moleculares limitan el entendimiento de las relaciones con otras familias dentro de este clado.

Hahniidae actualmente incluye tres subfamilias: Hahniinae, Cybaeinae y Cryphoecinae que pueden ser diagnosticadas por el conspicuo arreglo de sus hileras (Fig. 17). Lehtinen (1967) argumentó que los caracteres presentes en la subfamilia Hahniinae como el arreglo transversal de las hileras y la posición del espiráculo traqueal podían sufrir considerable variación dentro de la familia, por lo que incluyó varios géneros de las subfamilias Ageleninae (tribu Crypoeceae) y Cybaeinae, antes incluidas en Agelenidae en Hahniidae con base en similitudes morfológicas encontradas en el pedipalpo del macho. Estos caracteres incluyen la presencia de un conductor, bien desarrollado en Cryphoecinae y ausente en Hahniinae y Cybaeinae (Fig. 17d, i); un émbolo circular que rodea a un tegulo en forma de disco, éste último con una función similar a la del conductor (más similar en cybaeinos y hahniinos) (Fig. 17e, f, g), la presencia de apófisis patelar (desarrolladas en Hahniinae y Cybaeinae, pero vestigial en Cryphoecinae) (Fig. 17h, j) y la ausencia de apófisis media (reducida en *Cryphoecca*, *Cybaeolus* y algunos géneros de Hahniinae) (Fig. 17d, e, f). A pesar de que estos caracteres son mayormente parecidos en Hahniinae y Cybaeinae, Lehtinen (1967) encontró que algunos caracteres somáticos como el patrón de coloración abdominal y aspectos de la biología de las especies eran similares entre algunos géneros de Cryphoecinae (e.g., *Tuberta* y *Cryphoecca*) y algunas especies del género *Hahnia*. Sin embargo, los caracteres únicos de cada subfamilia, así como su delimitación impiden una fácil diagnosis para la familia y cambia de acuerdo a los autores que la trabajan (Roth y Brame, 1972; Opell y Beatty, 1976; Heiss y Draney, 2004).

La monofilia y relaciones filogenéticas dentro de Hahniidae han sido probadas en pocos análisis. Spagna y Gillespie, (2008) presentaron una hipótesis filogenética para los linajes de tres uñas (Agelenidae, Amaurobiidae, Dictynidae y Hahniidae) dentro del clado RTA utilizando genes nucleares y mitocondriales (DNA ribosomal 18S y 28S, Histona H3 y COI). Los autores determinaron el número de veces que el cribelo se ha perdido, reducido o recuperado en este grupo y su posible rol en los patrones de diversificación. Los resultados indicaron que Hahniidae es un grupo no monofilético, colocando a *Neoantistea agilis* (Hahniinae) como grupo hermano de *Megadictyna thilenii* (Nicodamidae) y al clado (*Cryphoecca* + [*Cybaeus* + *Calymmaria*]) como grupo hermano de Agelenidae de la región Holártica. Cabe destacar que este clado agrupa dos familias: *Cryphoecca* y *Calymmaria* son géneros de Hahniidae (Cryphoecinae) y *Cybaeus* es de Cybaeidae, los cuales estuvieron previamente clasificados dentro de Agelenidae (Fig. 13) (Lehtinen, 1967; Roth y Brame 1972). En este análisis *Neoantistea agilis* presentó una rama larga y se situó en el grupo externo.

Miller *et al.* (2010) propusieron una filogenia molecular del clado Entelegynae utilizando una matriz de datos moleculares (DNA ribosomal 18S y 28S, Histona H3 y CO1) para determinar la afinidad de la familia Penestomidae dentro del clado RTA y la evolución del cribelo dentro del mismo. Este trabajo incluyó a representantes de las tres subfamilias de Hahniidae obteniendo que para los análisis Bayesianos la monofilia de la familia solo es recuperada con el clado (*Cryphoeca* + [*Cybaeus* + *Calymmaria*]), mientras que para los análisis de parsimonia la familia es considerada un grupo polifilético, encontrando que el clado Hahniinae + Cybaeolinae es grupo hermano de Dictynidae y Cryphoecinae es grupo hermano de Agelenidae. Ambos análisis indicaron que Hahniinae puede ser un grupo polifilético formado por el clado (*Hahnia* + [*Cybaeolus* + *Neoantistea*]). Este clado presenta ramas largas en los análisis de Bayesiano. Finalmente, este análisis colocó a *Cicurina* (Dictynidae) como grupo hermano de Hahniidae (Fig. 14, 15).

Garrison *et al.* (2015) llevó a cabo un análisis filogenético basado en transcriptomas para reconstruir la filogenia del orden, reconociendo a un clado que comprende una mezcla de agelenoideos (Agelenidae, Desidae y Amphinectidae) como grupo hermano de ([Dictynidae + Hahniidae] + Amaurobiidae) (Fig. 12). Sin embargo, la composición taxonómica de estas familias así como su circunscripción filogenética se mantiene problemática y en estado de fluctuación (Coddington, 2005; Spagna *et al.* 2010; Miller *et al.* 2010). Problemas como las ramas largas en ejemplares de Hahniinae (Spagna *et al.* 2008; Miller *et al.* 2010), la posición de *Calymmaria* dentro de Cybaeidae (Spagna *et al.* 2010) y la agrupación de (*Cicurina* + *Calymmaria*) (Garrison *et al.* 2015) sugieren que las relaciones entre hahniidos, cybaeidos y dictynidos necesita más atención en un contexto sistemático y taxonómico.

Biología

La familia Hahniidae se incluye en el gremio de arañas eurifagas (depredadores generalistas) con un uso de la seda asociado a la construcción de redes y ovisacos (Fig. 16). La mayoría de las especies viven en la hojarasca, aunque también suelen encontrarse entre o debajo de las rocas cubiertas de musgo cercanas a cuerpos de agua, grietas y cavidades del sustrato, o bien por debajo de raíces y en estratos herbáceos o arbustivos como en algunas especies de *Ethobuella*, *Dirksia*, *Antistea* y *Hahnia* (Roth y Brame, 1972; Opell y Beatty, 1976; Ubick *et al.* 2005). Su distribución se restringe a zonas húmedas y templadas encontrándose en elevaciones desde los 50 (*Calymmaria nana*) hasta los 3, 600

m (*Neoantistea gosiuta*) y son comunes en bosques de *Pinus ponderosa*, *P. jeffreyi*, *Abies concolor*, *Pseudotsuga menziesii*, *Sequoia gigantea*, *S. sempervirens*, *Quercus lobata*, *Libocedrus decurrens* y *Alnus acuminata*, aunque algunas especies pueden ser encontradas cerca de construcciones antropogénicas como puentes y carreteras (*Austrohahnia melloleitaoi*) (Fig. 16e) (Opell y Beatty, 1976; Heiss y Draney, 2004; Rubio *et al.* 2014).

En su mayoría las especies de Hahniidae son de hábitos nocturnos y la construcción de redes para la captura de presas solo se ha reportado para tres géneros: *Austrohahnia*, *Neoantistea* y *Calymmaria* (Fig. 16). Las redes de *Austrohahnia* y *Calymmaria* son más similares en forma y estructura llegando a verse como un cono invertido, sujeto por gruesas líneas de soporte hacia la parte inferior y provisto de una delgada lámina hacia la parte superior que funciona como sitio de anclaje para la araña (Fig. 16d, f) (Heiss y Draney, 2004; Ubick *et al.* 2005; Rubio *et al.* 2014). Se ha observado que *Neoantistea agilis* construye pequeñas redes horizontales en forma de lámina carentes de “refugio”, que se encuentran cercanas a zonas húmedas del sustrato o sobre pequeñas depresiones en el suelo (Fig. 16b) (Opell y Beatty, 1976).

Los registros de colecta para algunas especies de hahniinos (*Hahnia cinerea*, *N. agilis*, *N. riparia* y *N. magna*) sugieren que los eventos de reproducción ocurren a principios de la primavera y a finales del verano y que la presencia de poblaciones juveniles en distintas épocas del año es una evidencia del posible aislamiento reproductivo entre especies simpátricas (e.g., *N. agilis* y *N. magna*) (Opell y Beatty, 1976).

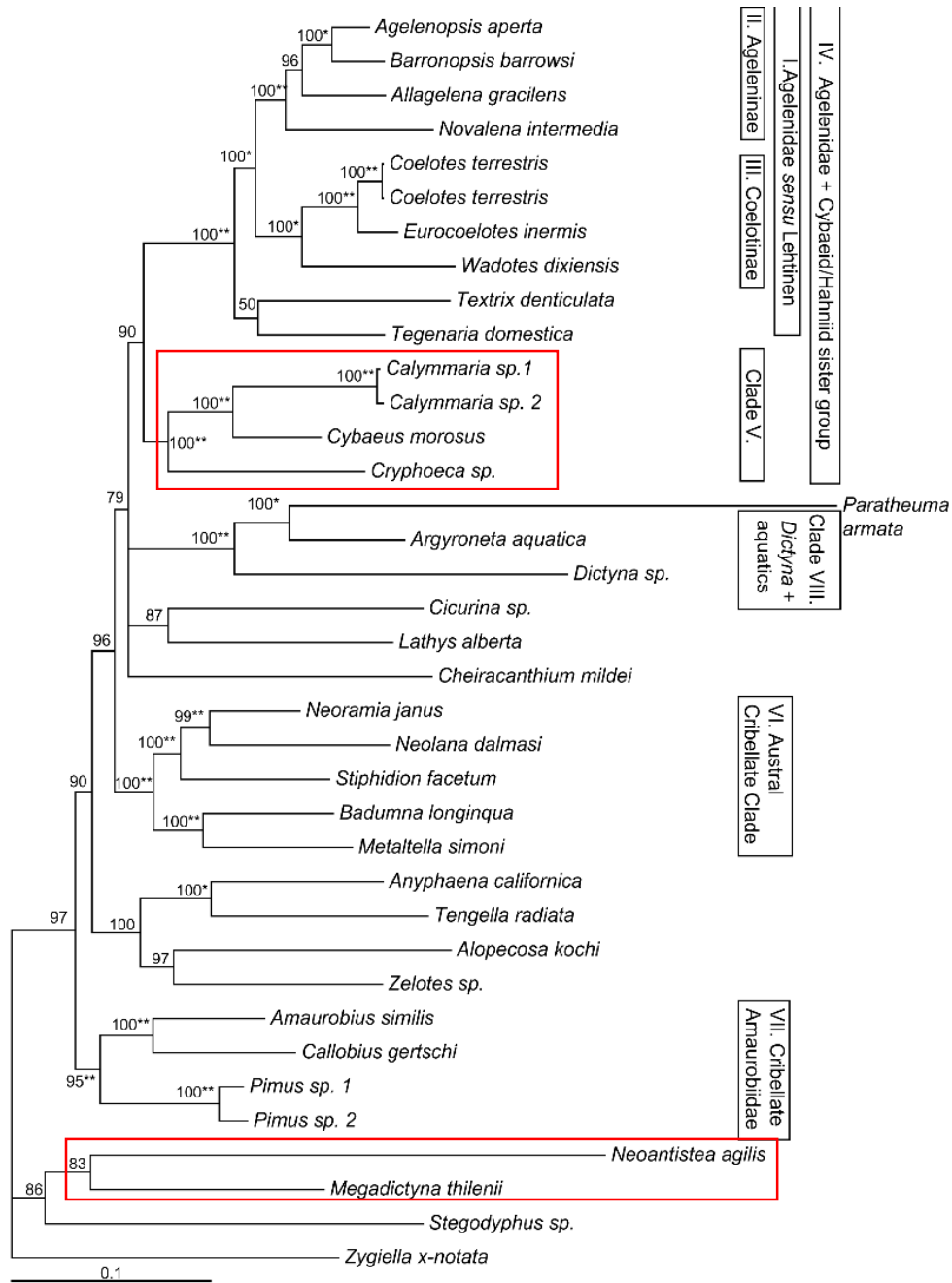


Fig. 13. Árbol filogenético del Clado RTA obtenido con análisis bayesianos de datos combinados (18S+28S+CO1+HH3). Modificado de Spagna *et al.* (2008). Los cuadros indican la posición de las subfamilias de Hahnidae dentro del árbol.

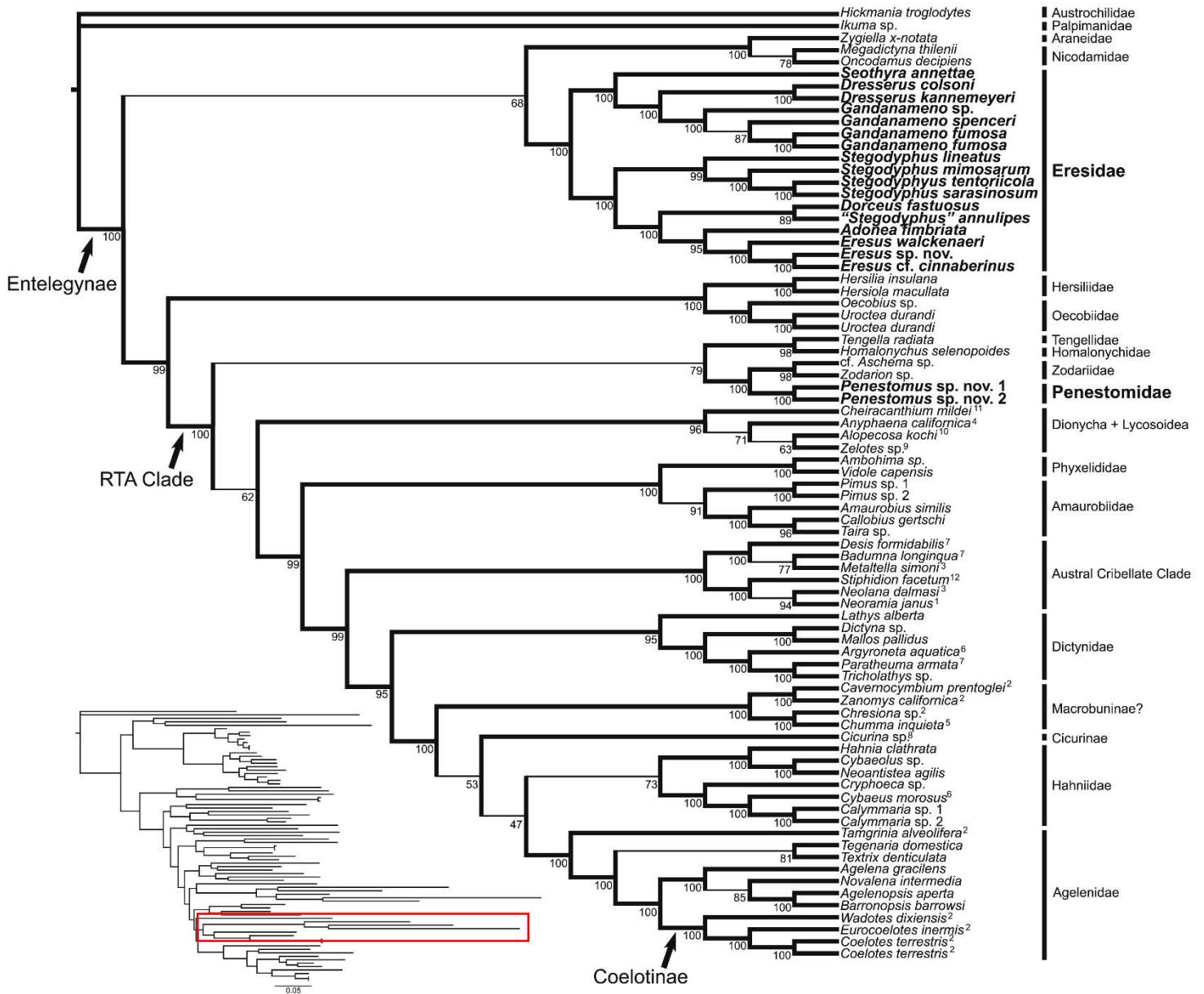


Fig. 14. Árbol filogenético del Clado Entelegynae obtenido con análisis bayesianos de datos combinados (18S+28S+CO1+HH3). Modificado de Miller *et al.* (2010). El cuadro muestra las ramas largas presentadas por Hahniinae + Cybaeolinae.

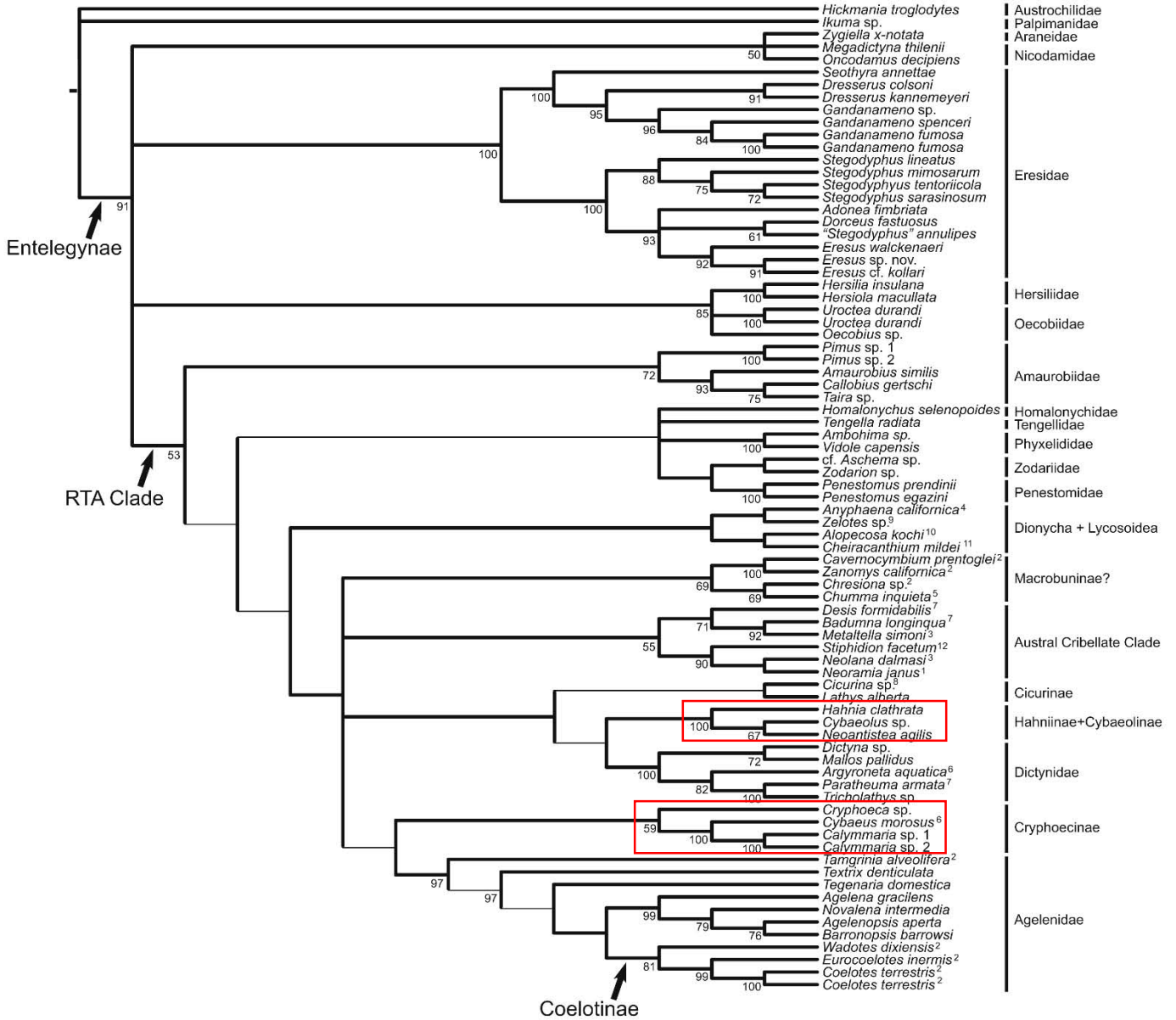


Fig. 15. Consenso estricto de las cuatro topologías más parsimoniosas basado en análisis moleculares. Modificado de Miller *et al.* (2010). Los cuadros indican la posición de las subfamilias de Hahniidae dentro del árbol.



Fig. 16. Biología de la familia Hahniidae. a) Habitus de *Neoantistea magna* (♀), b) Red de *N. magna*, c) Habitus de *Calymmaria* sp. (♂), d) Red de *Calymmaria* sp., la flecha indica la lámina de anclaje, e) Habitus de *Austrohahnia melloleitaoi* (♂), f) Red de *A. melloleitaoi*, la flecha indica la entrada del refugio. Fotografías: a, b. Sean McCann, c, d. Alice Abela, e, f. Modificado de Rubio *et al.* (2014).

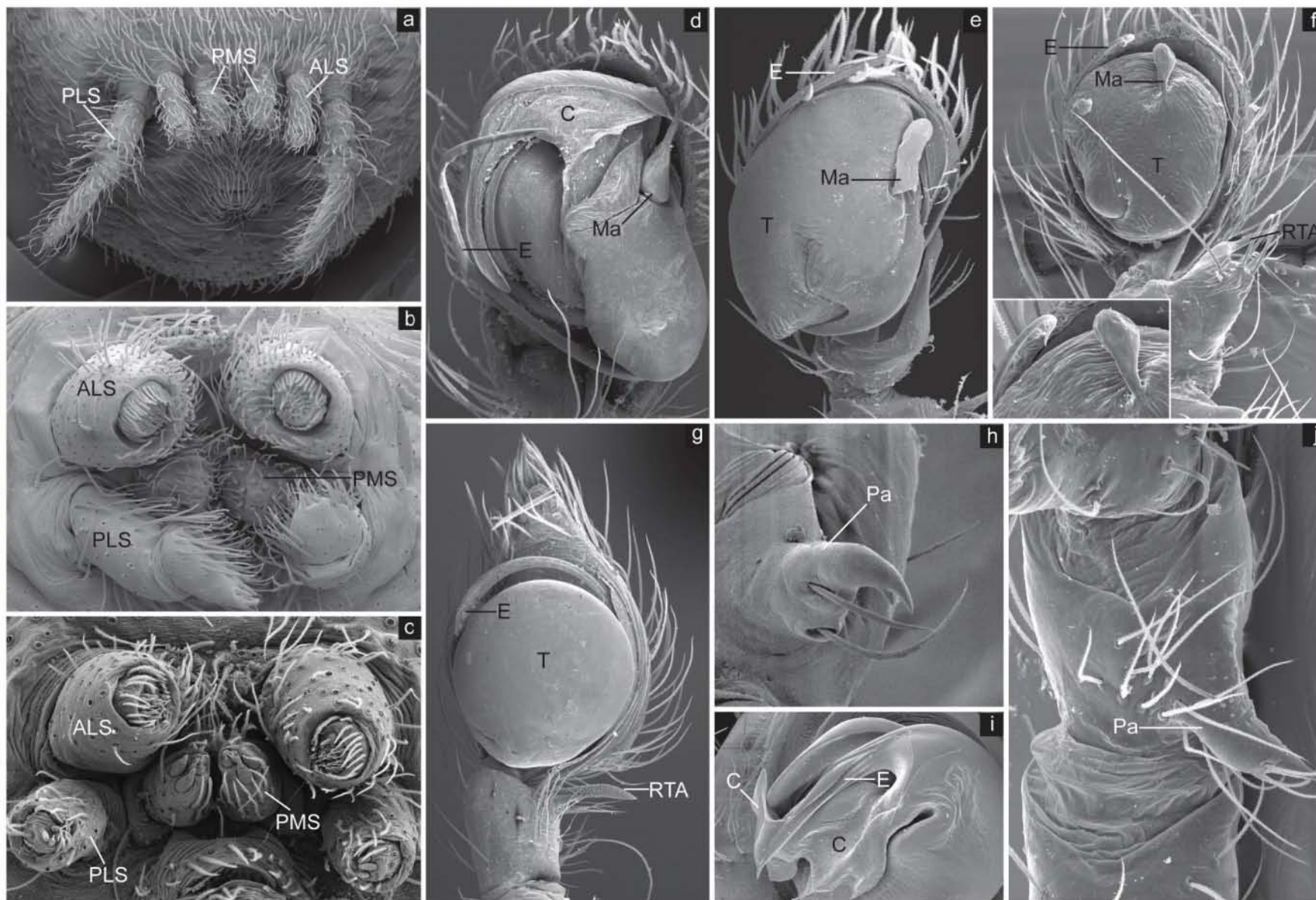


Fig. 17. Caracteres de Hahniidae. a) Hileras de *Neoantistea magna* (Hahniinae), b) Hileras de *Calymmaria persica* (Cryphoecinae), c) Hileras de *Cybaeolus* (Cybaeolinae), d) Pedipalpo de *Cryphoecca silvicola* (Cryphoecinae), e) Pedipalpo de *Hahnia pusilla* (Hahniinae), f) Pedipalpo de *Cybaeolus rastellus* (Cybaeolinae), g) Pedipalpo de *Neoantistea magna* (Hahniinae), h) Apófisis patelar de *Hahnia* sp01 (Hahniinae), i) Pedipalpo de *C. persica*, acercamiento, j) Apófisis patelar de *C. rastellus*. Fotografías: cortesía de Charles Griswold, excepto h.

ANTECEDENTES

El Orden Araneae es uno de los grupos megadiversos mejor organizados taxonómicamente a nivel mundial debido a que la información se concentra en el “World Spider Catalog”. Actualmente se conocen 45, 776 especies descritas que se incluyen en 3, 974 géneros y 114 familias (WSC, 2015). En México, la mayoría de las contribuciones a la aracnología se han dado por científicos europeos y estadounidenses desde finales de los 1800'. Los primeros trabajos taxonómicos sobre arañas con distribución en el territorio mexicano fueron realizados por Koch (1836-1848; 1866-1867), D. Bilimek (1867), E. Keyserling (1880-1893), L. Becker (1878) y G. W. Peckham *et al.* (1888). Sin embargo, la contribución taxonómica más importante para este orden son los dos volúmenes de Arachnida en la obra *Biologia Centrali-Americana* de los zoólogos ingleses F. O. P. Cambridge (1898-1904) y O. P. Cambridge (1899-1902), en la que se describieron alrededor de 300 especies nuevas para el país. Otras grandes contribuciones a la taxonomía de este grupo en México con base en trabajos revisionarios son las de W. J. Gertsch (Gertsch, 1930–1992), H. W. Levi (Levi, 1954–2008) y Norman I. Platnick (Platnick, 1974–2013) que junto con otros autores han descrito entre 150 y 400 especies.

El primer catálogo del Orden Araneae para México reportó 1,598 especies y documentó su distribución a nivel estatal utilizando la información de los trabajos antes mencionados (Hoffmann, 1976). A la fecha se han realizado tres catálogos más que reportan aproximadamente 2,300 especies, 534 géneros y 66 familias (Jiménez, 1996; Jiménez e Ibarra-Núñez, 2008; Francke, 2014). De acuerdo a un conteo automatizado de Platnick (2014) existen 2,159 especies con distribución en México. Para el estado de Veracruz el orden está representado por 46 familias, 187 géneros y 373 especies, que corresponden al 17.3 % del total nacional situándose como uno de los estados con mayor diversidad de arañas (Ibarra-Núñez, 2011).

La primera compilación de registros para la familia Hahniidae en México corresponde a los trabajos de Exline (1938) y Gertsch y Davis (1940) quienes describieron a *Hahnia sanjuanensis* y *H. veracruzana* del norte de Baja California y centro de Veracruz respectivamente. Posteriormente Gertsch (1946) describió a *Neoantistea mulaiki* de los estados de Tamaulipas, Coahuila y Nuevo León y *Neoantistea jacalana* del norte de Hidalgo. Hoffman (1976) registró cuatro especies para la familia con base en los trabajos anteriormente publicados y reportó una posible nueva especie del género *Hahnia* para el estado de Veracruz. Otras grandes aportaciones que hicieron la revisión de especies cuya

distribución incluye el territorio mexicano son las de Gertsch, (1934c); Chamberlin e Ivie, (1942a) y Paquin y Dupérré, (2003). Sin embargo, el trabajo taxonómico más importante para las especies de Hahniidae en México es el de Opell y Beatty (1976), en el que revisaron un total de 28 especies que se incluyen en tres géneros de la subfamilia Hahniinae: *Antistea*, *Neoantistea* y *Hahnia* y cuya distribución abarca toda la región Neártica. De estas especies, ocho fueron descripciones nuevas; una con distribución en el sureste de Estados Unidos y siete con distribución en el territorio mexicano, seis incluidas en el género *Neoantistea* y una en el género *Hahnia*. Este trabajo aportó la primera clave de identificación para estas especies además de proveer diagnosis comparativas y descripciones asociadas a ilustraciones. También proporcionaron mapas de distribución, discusiones acerca de la historia natural de *Neoantistea* y para las especies de *Hahnia*, propusieron tres grupos basándose en caracteres asociados a la genitalia. Esta contribución aumentó el número de registros para varios estados incluyendo Colima, Puebla y el Distrito Federal, además de incrementar el número de especies conocidas para Veracruz e Hidalgo, con dos y tres especies respectivamente. Cabe destacar que gracias a esta revisión, actualmente el género *Neoantistea* presenta la mayor diversidad a nivel mundial con 17 especies descritas para Norte América.

La diversidad de Hahniidae en México se encuentra representada por 14 especies, tres géneros y dos subfamilias (Cuadro 1). La subfamilia Hahniinae incluye 12 especies de dos géneros. De estas, ocho se incluyen en el género *Neoantistea* Gertsch, 1934 y cuatro se incluyen en el género *Hahnia* C. L. Koch, 1841. Asimismo, la subfamilia Cryphoecinae está representada por dos especies del género *Calymmaria*. Sin embargo, del total de especies conocidas, solo siete están descritas de ambos sexos, cinco solo son conocidas por individuos hembras y dos solo por individuos machos. La mayoría de las especies descritas para México han sido colectas en el estado de Hidalgo el cual se encuentra representado por cuatro especies, seguido de Baja California con tres especies y Veracruz e Hidalgo con dos especies cada uno. Colima, Tamaulipas y el Distrito federal están representados por una sola especie (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diversidad de la familia Hahniidae en México. La "X" representa si la descripción de las especies está basada en ambos sexos, individuos hembras o individuos machos.

Subfamilia	Género	Especie	Distribución	Descripción		
				♂♀	♀	♂
Hahniinae	<i>Neoantistea</i>	<i>N. pueblensis</i>	Puebla	X		
		<i>N. mulaiki</i>	Tamaulipas	X		
		<i>N. lyrica</i>	Hidalgo	X		
		<i>N. inaffecta</i>	Colima	X		
		<i>N. jacalana</i>	Hidalgo		X	
		<i>N. hidalgoensis</i>	Hidalgo		X	
		<i>N. spica</i>	Distrito Federal		X	
		<i>N. inifistula</i>	Veracruz		X	
	<i>Hahnia</i>	<i>H. cinerea</i>	Puebla	X		
		<i>H. sanjuanensis</i>	Baja California	X		
		<i>H. nobilis</i>	Hidalgo	X		
		<i>H. veracruzana</i>	Veracruz			X
Cryphoecinae	<i>Calymmaria</i>	<i>C. rosario</i>	Baja California		X	
		<i>C. tecate</i>	Baja California			X

De acuerdo a la propuesta de Opell y Beatty (1976) *H. cinerea* se incluye en un primer grupo de especies que se diagnostica por tener una RTA curvada, una línea de sedas sobre la región basal del tegulo, un conductor pequeño retroapical, un epigino con espermatecas y espermatecas secundarias igual en tamaño, ductos de copulación dos veces más largos que las espermatecas secundarias y aberturas genitales localizadas cerca del margen posterior del epigino. *H. sanjuanensis* y *Hahnia veracruzana* se incluyen en un segundo grupo distinguidas por tener una RTA larga y ligeramente curvada, un epigino sin espermatecas secundarias, ductos de copulación largos y enrollados y aberturas genitales localizadas anterior a las espermatecas. Finalmente en un tercer grupo se incluye *H. nobilis* el cual se caracteriza por ser 0.1-0.8 veces más pequeñas que las otras especies de *Hahnia*, por tener una RTA corta y ligeramente curvada, por tener un epigino pequeño sin espermatecas secundarias, por tener ductos de copulación cortos y aberturas genitales localizadas en la región media del epigino.

A pesar de que en años recientes se han realizado estudios faunísticos para conocer la diversidad de arañas del país, sólo en dos se ha reportado la presencia de la familia Hahniidae. Para ecosistemas templados, Gómez-Rodríguez y Salazar-Olivo, (2012)

reportaron una sola especie de *Neoantistea* y para ecosistemas tropicales, Rivera-Quiroz *et al.* (2015) reportaron un solo espécimen del género *Hahnia*.

La historia natural, comportamiento sexual, reproducción y análisis detallado de los órganos estridulatorios en hahniidos ha sido poco estudiado. Para los hahniinos del Neártico, Opell y Beatty (1976) revisaron la historia natural de *Neoantistea* spp. y describieron varios aspectos como el microhábitat, construcción de redes, morfología del ovisaco y variación estacional. Roth y Brame (1972) resumieron la historia natural de los géneros de Cryphoecinae y Heiss y Draney (2004) describieron las redes y comportamiento de *Calymmaria*. Para el Neotrópico Rubio *et al.* (2014) documentaron algunos aspectos de la historia natural de *Austrohahnia*. Asimismo, la presencia de órganos estridulatorios se ha reportado para varios géneros como *Antistea*, *Neoantistea*, *Hahnia* y *Pacifantistea*. Sin embargo, su documentación y análisis ha sido escaso a pesar de que en varias partes del mundo se han hecho numerosas revisiones taxonómicas (Brignoli, 1976, 1977a, 1978b; Harm, 1966; Forster, 1970; Opell y Beatty, 1976; Benoit, 1978; Bosmans y Thijs, 1980; Chen *et al.* 2003; Zhang y Zhang 2003; Chen *et al.* 2009; Marusik, 2011; Zhang *et al.* 2011; Zhang y Zhang, 2013; Zhang *et al.* 2013; Liu *et al.* 2015; Suguro, 2015). Solo un estudio documentó la presencia de órganos estridulatorios mediante imágenes de microscopía en 17 especies del género *Hahnia*, en el cual describieron su morfología y discutieron las diferencias encontradas en cada una, además de establecer que los órganos estridulatorios encontrados en *Antistea* y *Neoantistea* son de tipo simple y los de *Hahnia* son de tipo pareado (tipo a y d respectivamente, de acuerdo a la clasificación de Uetz y Stratton, 1982) (Jocqué y Bosmans, 1982).

JUSTIFICACIÓN

El área entre las regiones tropicales de México y los Andes colombianos está caracterizada por tener una alta diversidad biológica e incluye tres de los más importantes “hotspots” de diversidad global (*Mesoamérica, Chocó/Darién* y los *Andes tropicales*; Myers *et al.* 2000). Esta área es muy importante biogeográficamente, ya que representa una zona de transición entre las biotas Neártica y Neotropical y en términos de conservación de especies debido a que posee un gran número de taxa que han experimentado procesos de diversificación, extinción y migración (Rodríguez-Correa *et al.* 2015). Dentro de Mesoamérica existen diversos ecosistemas que van desde la parte central de México hasta América Central (Myers *et al.* 2000). La “Zona de Transición Mexicana” (ZTM) se encuentra dentro de este *hotspot*, formada por la convergencia de las regiones Neártica y Neotropical como resultado de la elevación correspondiente al Istmo de Panamá, que aunado a la actividad geológica y compleja topología de provincias morfotectónicas, tales como el Eje Neovolcánico (ENV) y otras cordilleras continentales de México han creado el intercambio biótico bidireccional y favorecido la expansión de diversos linajes en un gradiente altitudinal, la formación de barreras de dispersión y numerosos procesos de extinción y diversificación a nivel local dando como resultado el surgimiento de una gran cantidad de endemismos (Espinosa-Organista *et al.* 2008; Rodríguez-Correa *et al.* 2015; Rivera-Quiroz y Alvarez-Padilla, 2015).

El ENV es una de las áreas continentales más grandes sobre la placa norteamericana, extendiéndose más de 1, 000 km desde las costas del Océano Pacífico a las costas del Atlántico. En su extremo este se ubica el volcán Citlaltépetl (Pico de Orizaba), una elevación dormante formada durante el Plioceno y que ha sido considerada Parque Nacional desde 1936. Desafortunadamente, el área que pretende proteger este parque solo especies de *Pinus* y *Abies*, lo que resulta en la extensa deforestación de otros ecosistemas como los bosques de *Quercus* que son utilizados para la explotación comercial (Vargas, 1984; Macías, 2007; CONANP, 2012; Rivera-Quiroz y Alvarez-Padilla, 2015). La diversidad más alta para el género *Quercus* se encuentra en México, con alrededor de 160-165 especies descritas de un total de 600 que se conocen a nivel mundial, y de las cuales por lo menos 27 son endemismos (Valencia, 2004; Nixon, 2006; Rodríguez-Correa *et al.* 2015). Solo existe un inventario de artrópodos para bosques de *Quercus* en México, en el cual se hizo la comparación de las comunidades de dosel en tres bosques diferenciados por su grado de conservación, reportándose que para las zonas mejor conservadas la riqueza de especies es más alta (Tovar-Sanchez *et al.* 2003).

La mayoría de los inventarios de arañas donde se reporta la diversidad de la familia Hahniidae han sido desarrollados en ecosistemas templados de Europa y Asia (Urones *et al.* 1990; Espuny *et al.* 1993; Koponen 1996; Cardoso *et al.* 2008a, b; Zheng *et al.* 2009) y los registros que se tienen para Norte América de las especies de la familia provienen de revisiones taxonómicas del siglo XX (Gertsch 1934; 1946; Gertsch y Davis, 1940; Opell y Beatty, 1976) por lo que la fauna de hahniidos en ecosistemas de montaña para México es todavía poco conocida.

Es importante realizar un estudio de la diversidad de arañas de la familia Hahniidae que incremente su conocimiento taxonómico utilizando las mejoras tecnológicas como las fotografías de alta resolución asociadas a bancos de imágenes en internet, imágenes de microscopía electrónica de barrido que permitan el análisis morfológico de estructuras taxonómicamente informativas, además del uso de recursos electrónicos (Web of Science, 2015; BHL, 2015; World Spider Catalog, 2015) que faciliten la obtención de revisiones y descripciones de especies que puedan ser comparables para determinar la presencia de especies nuevas (Wilson, 2004; Wheeler, 2008). Aunado a esto, es fundamental la publicación del trabajo descriptivo en revistas científicas especializadas para que pueda ser compartido y colabore en revisiones taxonómicas que puedan hacerse a nivel mundial por otros laboratorios (Wheeler, 2008). Finalmente la información obtenida en la descripción de las posibles nuevas especies puede proveer información acerca de la riqueza que se tiene en estos ecosistemas y poder generar programas de conservación para las especies del género *Quercus* en México.

OBJETIVOS

General

Describir las especies de la familia Hahniidae en encinares cercanos al Parque Nacional Pico de Orizaba, Veracruz, México.

Particulares

- Documentar cada especie con imágenes digitales estandarizadas a través de la página www.unamfcaracnolab.com del Laboratorio de Aracnología de la Facultad de Ciencias.
- Estudiar e ilustrar en detalle su anatomía externa e interna mediante imágenes de microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido.
- Describir aspectos de la historia natural y la reproducción mediante la observación de especímenes vivos.
- Estimar la riqueza de las especies de Hahniidae para la localidad de estudio.
- Analizar la variación estacional de la composición de especies y su abundancia dentro de los sitios de colecta.
- Describir las especies nuevas que habitan estos ecosistemas, publicando estos resultados en una revista indexada.

ÁREA DE ESTUDIO

Bosque de *Quercus*

El género *Quercus* es uno de los grupos más importantes de angiospermas leñosas en el hemisferio norte en términos de diversidad de especies, dominancia ecológica y valor económico. Los encinos son miembros dominantes de una amplia variedad de hábitats, incluyendo los bosques templados caducifolios, bosques templados perenifolios y bosques subtropicales perenifolios, sabanas subtropicales y tropicales, bosques de pino-encino, bosques de niebla y diversos tipos de vegetación semiárida como matorrales y chaparrales. También forman parte, aunque de manera secundaria, de los límites en varios tipos de vegetación como bosques de coníferas, praderas, pastizales tropicales, bosques tropicales caducifolios y algunos bosques tropicales perenifolios (Nixon, 2006).

En el continente Americano, las especies del género *Quercus* se distribuyen desde Canadá hasta Colombia y su diversidad más alta ocurre en las montañas del Sureste de México donde se han descrito alrededor de 161 especies, de las cuales 27 son endemismos (Valencia, 2004; Nixon, 2006). Los bosques de *Quercus* para el país se conocen en todo el territorio con excepción del estado de Yucatán y Quintana Roo y ocupan una superficie total del 5.5% donde se encuentran desde el nivel del mar hasta los 3, 500 m, formando asociaciones con bosques de pino en un 13.7%. Constituyen un elemento importante de las regiones montañosas del país, sin embargo, presentan una mayor abundancia y diversidad en la Sierra Madre Oriental aunque también pueden ser comunes en la Sierra Madre Occidental, la Faja Volcánica Transmexicana, la Sierra Madre del Sur, Baja California y el Altiplano (Rzedowski, 1983). Los encinares de México prosperan típicamente en condiciones de clima templado (Cw,) con una precipitación media anual de 350 mm a más de 2,000 mm, aunque la mayoría se distribuyen en isoyetas de 600 y 1, 200 mm. La temperatura media anual es de 10 a 26 °C y poseen un suelo rico en hojarasca y materia orgánica. Pueden alcanzar alturas desde los dos hasta los 50 m y formar bosques cerrados o abiertos que varían de ser perenifolios a ser caducifolios (Rzedowski, 1983).

A pesar de que los bosques de encino en México son poco explotados a nivel industrial, si lo son a escala local, en parte a las características de su madera que se utiliza principalmente como combustible, además de emplearse para la construcción y elaboración de muebles, lo cual provoca que este ecosistema tienda a fases secundarias que se incorporan a la actividad agrícola en el cultivo de cereales y árboles frutales, además de

estimular la producción de plantas herbáceas y arbustivas para fines ganaderos (Rzedowski, 1983). Debido a la distribución regional, hábitats restringidos y a características como la lenta y baja producción de semillas que presentan algunas especies de *Quercus* (p. ej. *Q. insignis* habita solo en bosques mesófilos y produce semillas cada tres años) la susceptibilidad a desaparecer no solo afecta a estas especies en sí, sino a su vez a numerosas especies de roedores, aves, reptiles, insectos, arácnidos y epífitas como orquídeas, bromelias, helechos y briofitas que las utilizan como hábitat y/o fuente de alimento, por lo que entender que en la mayoría de los casos este tipo de relación es específica, es de vital importancia para la realización de planes de conservación (Valencia, 2004).

Parque Nacional Pico de Orizaba

El Parque Nacional Pico de Orizaba se localiza en el extremo este del Eje Neovolcánico Transversal con una extensión de 19, 750 ha e incluye la cima del Citlaltépetl o Pico de Orizaba, la más alta del país, con 5,636 m. Se encuentra dentro del territorio de cinco municipios: tres pertenecen al estado de Puebla (Chalchicomula de Sesma, Atzizintla y Tlachichuca) y dos al estado de Veracruz (Calcahualco y La Perla). Esta zona ha sido declarada una de las áreas prioritarias para la conservación por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), ya que en ella tienen contacto las zonas tropicales húmedas del este, templadas del norte y semiáridas del oeste. Presenta una variación de clima muy amplia; en la parte veracruzana, va de templado subhúmedo a semifrío, con oscilación de temperatura mensual inferior a 5° C. La precipitación total es de 1,698 mm anuales. La temperatura media es de 9.3° C y los extremos van de 27° C en mayo a -4° C en enero. Por el contrario, el clima es más seco en la zona del Parque correspondiente a Puebla. Hacia la parte alta del Pico de Orizaba el clima es templado y semifrío, con una temperatura media anual entre 5°C y 12°C, y una precipitación anual entre 200 y 1,800 mm. Sus ecosistemas predominantes son los bosques de pino y oyamel (CONANP, 2012). Los bosques de encinos no están incluidos dentro del Parque Nacional siendo más abundantes en la vertiente del estado de Veracruz. La fauna del área corresponde a la zona tropical alta y se conforma principalmente de zorrillo, armadillo, musaraña, coyote, zorra gris, comadreja, ardilla voladora y murciélagos, zopilote, gavilán y halcón. Los anfibios y reptiles son considerados indicadores de la calidad de los ecosistemas ya 27 de las 48 identificadas son endémicas para el lugar (CONANP, 2012).

Localidad de estudio

La localidad de estudio corresponde a los encinares de la comunidad de Atotonilco, en el municipio de Calcahualco, Veracruz. Tiene una superficie de 164.51 km² y se localiza entre el volcán Pico de Orizaba y el Cofre de Perote en la Sierra Madre Oriental entre las coordenadas 19° 07' N y 97° 05' O, a una altura promedio de 1,720 m. El clima es templado-húmedo, con una temperatura promedio de 13° C y una precipitación media anual de 1, 148 mm, los ecosistemas predominantes son los bosques de pino, encino y oyamel (INAFED, 2010; INEGI 2015).

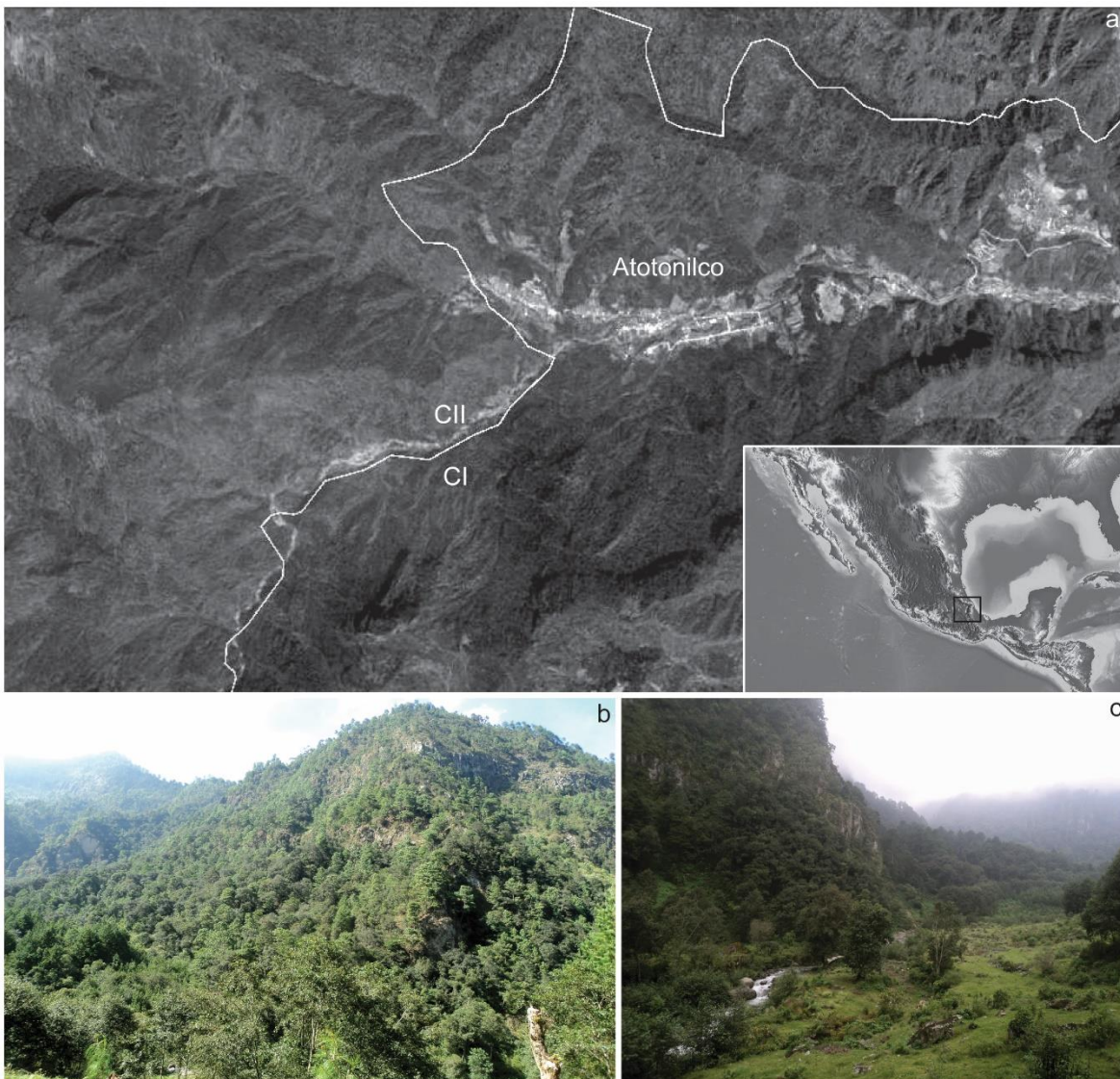


Fig. 18. Mapa de distribución. a) Ubicación de la localidad tipo y los dos cuadrantes al oeste de Atotonilco, b) La vegetación en zonas altas de Atotonilco se compone principalmente de *Quercus* y *Pinus*, c) Hacia las partes bajas la vegetación se vuelve secundaria. Mapas: Google Earth, (2015). Fotografías: cortesía de Ali Zeltzin Lira Olguín.

MATERIAL Y MÉTODO

Trabajo de campo

Se realizaron tres expediciones a campo durante un año (del 21 al 30 de mayo del 2012, del 4 al 14 de octubre del 2012 y del 15 al 24 de febrero del 2013), cuya distribución permitió observar la variación estacional en las comunidades de arañas. Cada expedición tuvo una duración de nueve días, de los cuales siete fueron de muestreo en campo con un equipo aproximado de siete personas. Siguiendo protocolos estandarizados (Coddington *et al.* 1991) se trazaron dos cuadrantes de una hectárea separados por una distancia de 0.6 km en línea recta, cada uno con las siguientes coordenadas y altitudes: Cuadrante I: 19° 8' 17.4" N, 97° 12' 16.2" W; 2,300 m y Cuadrante II: 19° 8' 30.2" N, 97° 12' 21.5" W; 2,388 m.

Se recolectaron arañas aplicando cinco métodos de colecta que fueron elegidos con el propósito de abarcar la mayor cantidad de microhábitats posibles y evitar su traslape en la mayor medida: recolecta directa en vegetación (*Looking up*) y en ambientes crípticos (*Cryptic*) además de recolecta indirecta en vegetación con red de golpeo (*Beating*), trampas de caída (*Pitfall*) y tamizado de hojarasca procesada por Embudo tipo Berlese (Coddington *et al.* 1991; 1996; Ubick *et al.* 2005).

Las unidades mínimas de muestreo fueron hora/colector para recolectas manuales y red de golpeo; un volumen de 1.5 L de hojarasca y hora en campo por trampa de caída. Cada uno de los colectores trabajó cuatro horas diurnas realizando recolecta indirecta con red de golpeo, tamizado de hojarasca y recolecta directa en hábitats crípticos. Asimismo, se trabajaron cuatro horas nocturnas recolectando directamente en vegetación y ambientes crípticos. Las arañas recolectadas en cada muestra se depositaron en un frasco con alcohol etílico al 96% etiquetado con los datos del colector, el método utilizado, número de repetición y el código de la expedición (lugar, año y número de la expedición).

Trabajo de laboratorio

El procesamiento y análisis de las muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Aracnología del Departamento de Biología Comparada en la Facultad de Ciencias, UNAM. Para la identificación taxonómica y descripción de especies nuevas solo se utilizaron los adultos debido a que presentan caracteres diagnósticos asociados a la genitalia con los cuales se pueden hacer comparaciones para determinarlos a niveles de género o especie. Los

ejemplares obtenidos durante las tres expediciones se separaron primero en adultos y juveniles mediante el uso de un microscopio estereoscópico Carl-Zeiss Stereomicroscope II y se almacenaron en viales con alcohol al 96%. Para la separación de especímenes a nivel de familia se utilizaron las claves taxonómicas de Ubick *et al.* (2005) y Jocqué y Dippenaar-Schoeman (2006). Posteriormente los especímenes de cada familia fueron separados en morfoespecies que se almacenaron en viales individuales con alcohol al 96%, cada uno se etiquetó con el código de expedición y determinación a nivel de morfoespecie.

Para el análisis del comportamiento sexual e historia natural, se recolectaron especímenes que se mantuvieron individualmente almacenados en cajas de plástico de 5 x 8 x 5 cm con hojarasca del medio donde se obtuvieron. La temperatura ambiente durante el periodo de reproducción fue de $19.8 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$. Las arañas fueron alimentadas durante los estados juveniles y adultos con *Drosophila melanogaster* (cepa nubbin) una vez a la semana. La descripción del comportamiento fue basado en la observación directa de diez especímenes (2♂; 7♀; 1 juvenil) y tomaron lugar entre el 27 de octubre y 30 de noviembre de 2015. Los especímenes fueron recolectados en la localidad de estudio dentro del cuadrante I entre las coordenadas: $19^{\circ} 8' 15.9'' \text{ N}$, $97^{\circ} 12' 18.2'' \text{ W}$ y $19^{\circ} 8' 15.2'' \text{ N}$, $97^{\circ} 12' 18.9'' \text{ W}$ a una altura de 2, 325 m y 2, 338 m respectivamente.



Fig. 19. Mantenimiento y alimentación de los especímenes colectados de *Neoantistea* sp02. La flecha indica la presa capturada.

Determinación taxonómica y descripción de especies

Para la identificación a nivel de género o especie se utilizaron los recursos electrónicos de Web of Science (2015), Biodiversity Heritage Library (2015) y World Spider Catalog (2015), de los cuales se obtuvieron claves de determinación y revisiones de las especies que presentan una distribución semejante a la de los morfotipos del presente estudio. La determinación a nivel de género se realizó mediante el uso de la clave de Ubick *et al.* 2005 y para nivel de especie los trabajos de Gertsch (1934; 1946), Gertsch y Davis (1940) y Opell y Beatty (1976), este último fue analizado con más detalle debido a que contiene la revisión de especies que tienen distribución en el territorio mexicano. Para la determinación de nuevas especies se analizaron los caracteres diagnósticos observados en las morfoespecies colectadas y los mostrados por las especies ya descritas, además de comparar las imágenes obtenidas en el laboratorio de dichos morfotipos y las ilustraciones proporcionadas por los trabajos antes mencionados. También se revisaron los trabajos de Chen *et al.* (2003), Zhang y Zhang (2003), Chen *et al.* (2009), Marusik (2011), Zhang *et al.* (2011), Zhang y Zhang (2013), Zhang *et al.* (2013) y Liu *et al.* (2015) para especies con distribución Paleártica y Palearctica, esto debido a que se encontraron especies que presentan caracteres somáticos similares a los de las especies colectadas en este trabajo.

Para la descripción de especies nuevas se asignó el material tipo (Holotipo, Alotipo y Paratipos) a las tres morfoespecies colectadas. Posteriormente y con base a las observaciones hechas sobre cada espécimen de la serie tipo se estructuraron diagnósticos comparativos con las cuales se pudieron distinguir de las especies ya descritas. Los caracteres utilizados para las diagnósticos corresponden a la morfología de los genitales, los ojos, hileras y espiráculo traqueal. Finalmente se realizaron las descripciones de cada morfotipo basándose en los caracteres del macho, marcando las diferencias encontradas en la hembra y analizando ejemplares adicionales para hacer observaciones de variación intraespecífica. Las descripciones también incluyen la distribución conocida de los especímenes, el material adicional examinado, la descripción del comportamiento sexual y la historia natural y el análisis de los órganos estridulatorios. Todos los especímenes están depositados en la Colección del Laboratorio de Aracnología, Facultad de Ciencias (CAFC-UNAM). Para los fines de la presente tesis, las especies encontradas son nombradas bajo el término "sp." debido a que no están formalmente descritas, sin embargo, el formato de las descripciones se ajusta al solicitado por *Zootaxa*, revista donde se pretende sean publicados estos resultados.

Obtención de imágenes

Las imágenes digitales de alta resolución de la anatomía externa y la genitalia se obtuvieron usando un microscopio estereoscópico Nikon SMZ1000 y un microscopio de preparaciones Nikon Eclipse E200, ambos conectados a una cámara digital Nikon DS-Fi2 bajo iluminación LED. Los genitales de las hembras fueron procesados siguiendo el protocolo de Álvarez-Padilla y Hormiga (2007) y montados en preparaciones semipermanentes utilizando el protocolo de Coddington (1983). Las imágenes multi-focales fueron capturadas utilizando el programa Nikon (NIS Elements 4.0) y las imágenes compuestas se hicieron con el programa Helicon Focus 6.3.5. Las ilustraciones de los genitales masculinos y femeninos se realizaron con una cámara lúcida Y-IDT conectada al microscopio Nikon Eclipse E200.

Para las imágenes de microscopía electrónica de barrido (MEB), los especímenes fueron limpiados en alcohol por 30 s en un baño ultrasónico (Sonicador Branson 2210) con agua. Posteriormente fueron deshidratados en series crecientes de etanol y en un secador de punto crítico BAL-TEC CDP030. Los especímenes secos se fijaron en soportes de aluminio con cinta de carbono adhesiva de doble cara y se cubrieron con oro para ser analizados con un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-5310LV. Las imágenes de microscopía electrónica fueron procesadas con el software Jeol Orion 5310. Todo el protocolo de MEB y las imágenes se realizaron en las instalaciones de la Facultad de Ciencias en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido a cargo de la Doctora Silvia Espinosa Matías. Finalmente todas las imágenes obtenidas se hicieron disponibles mediante la página www.unamfcaracnolab.com (Alvarez-Padilla Laboratory, 2014) y se almacenaron en la base de datos del Laboratorio de Aracnología de la Facultad de Ciencias.

Para la realización del banco de imágenes y las láminas de cada morfoespecie se tomaron alrededor de 14 vistas estandarizadas con las cuales se pudieron observar los caracteres diagnósticos de cada una: hábito dorsal, ventral y lateral; prosoma anterior y dorsal, abdomen anterior (órgano estridulatorio) y ventral (hileras), epigino ventral, epigino dorsal aclarado y pedipalpo ventral, retrolateral y dorsal. En algunos casos se tomaron vistas del pedipalpo expandido. Las imágenes fueron nombradas de acuerdo al protocolo de The Globin Spider PBI (PBI, 2014) y a cada una se le colocó una barra de escala en milímetros dependiendo de la magnificación a la cual fueron tomadas. Su procesamiento se llevó a cabo con Adobe Photoshop CS2 versión 9.0 y Adobe Illustrator CS2 versión 12.0. Las mediciones de los especímenes fueron hechas usando un ocular micrométrico y están

dadas en milímetros. Las mediciones de las patas se muestran como: largo total (femur, patela + tibia, metatarso, tarso).

Estimaciones de riqueza de especies y análisis de estacionalidad

Mediante el uso del programa EstimateS 9.1.0 se realizaron los análisis de riqueza de especies que utilizan los estimadores no paramétricos ACE, ICE, Chao1, Chao2, Jackknife1, Jackknife2 y Bootstrap. Estos trabajan con la abundancia relativa de las especies en el total de las muestras y pueden ser divididos en estimadores de abundancia (Chao1 y ACE) que se basan en la incidencia de especies raras *singletons* (representadas por un individuo) y *doubletons* (representadas por dos individuos) y estimadores de incidencia (Chao2 e ICE) que se basan en la presencia de *uniques* (especies encontradas en una muestra) y *duplicates* (especies encontradas en dos muestras). Además de los estimadores que implementan sub-réplicas con o sin reemplazo (Jackknife y Bootstrap) para la realización de la curva estandarizada. Con el programa EstimateS 9.1.0 también se calculó el porcentaje de similitud entre los cuadrantes y la variación estacional por medio de los índices de Chao-Jaccard y Chao-Sorensen mediante la composición de especies y especies compartidas entre los eventos de colecta.

Abreviaturas usadas en el texto y figuras

Las abreviaturas usadas son las siglas de los nombres en inglés: (ALE) Ojos medios anteriores, (ALS) Hileras laterales anteriores, (AME) Ojos medios anteriores, (Cd) Ducto de copulación, (Go) Aberturas genitales, (E) Émbolo, (Fd) Ducto de fertilización, (Bh) Hematodoca basal, (Pa) Apófisis patelar, (PLE) Ojos laterales posteriores, (PLS) Hileras laterales posteriores, (PME) Ojos medios posteriores, (PMS) Hileras medias posteriores, (RTA) Apófisis retrolateral de la tibia, (RTM) Macroseta retrolateral de la tibia, (S) Espermateca, (Sd) Ducto espermático, (Sf) Órgano estridulatorio, (Ss) Espermateca secundaria, (T) Tegulo, (WSC) World Spider Catalog.

RESULTADOS

Taxonomía

Se obtuvo un total de 1, 131 especímenes pertenecientes a dos géneros de la familia Hahniidae. De éstos, se identificaron tres especies, dos se incluyen en el género *Neoantistea* y una al género *Hahnia*, las tres consideradas nuevas para la ciencia. Se obtuvieron un total de 233 imágenes compuestas de las vistas generales del cuerpo y la genitalia. De estas imágenes, 175 son fotografías de microscopía electrónica de barrido (no incluidas en la página web del Laboratorio de Aracnología) que incluyen detalles de la genitalia de ambos sexos para las tres especies, estructura del sistema traqueal de los dos géneros encontrados, morfología de los órganos estridulatorios en las dos especies de *Neoantistea* y morfología de las hileras de la especie *Hahnia* sp. Se realizaron nueve ilustraciones que corresponden a la genitalia de las tres especies. Las imágenes obtenidas de cada morfoespecie colectada en el presente trabajo están disponibles en el sitio de internet “Araneomorphae of Mexico” (Alvarez-Padilla Lab, 2015).

Se realizó la descripción de la historia natural (hábitat y estructura de la red) y el comportamiento sexual de *Neoantistea* sp02 con base en especímenes vivos. El cortejo fue dividido en tres etapas de exhibición con base en la conducta mostrada por el macho. Se describieron los órganos estridulatorios de las dos especies de *Neoantistea* con base en las imágenes de MEB y en las observaciones hechas a los especímenes vivos de *N.* sp02. El presente trabajo aumenta el rango de distribución conocida, provee un nuevo registro a nivel estatal e incrementa el número de especies conocidas llegando a un total de 10 para el género *Neoantistea* en México. Debido a la inconsistencia taxonómica encontrada dentro de la familia, las diagnósis y descripciones (para la familia y los géneros) solo están basados en especies de la subfamilia Hahniinae. Las especies encontradas se clasifican de acuerdo al WSC (2015) como:

Hahniidae Bertkau, 1878

- Hahniinae Lehtinen, 1967
 - *Hahnia* C. L. Koch, 1841
 - *Hahnia* sp01
 - *Neoantistea* Gertsch, 1934
 - *Neoantistea* sp01
 - *Neoantistea* sp02

Hahniidae Bertkau, 1878

Diagnosis. Arañas ecibeladas y enteleginas con tres uñas, de tamaño pequeño entre 1.2 y 5.1 mm. Hileras arregladas en una fila transversa. Espiráculo traqueal conspicuo situado en la parte media o posterior del abdomen. Ocho ojos (AME pueden estar reducidos o ausentes) distribuidos en dos líneas ligeramente procurvadas (Ubick *et al.* 2005; Jocqué y Dippenaar-Schoeman, 2006).

Descripción. Caparazón periforme, fóvea longitudinal (algunas veces reducida); esternón ligeramente más largo que ancho, truncado anteriormente, estrecho posteriormente, con órgano estridulatorio inconspicuo sobre el margen posterior (ausente en algunas especies); quelíceros grandes, con márgenes dentados; enditos convergentes, más anchos que largos; labio subcuadrado; patas cortas, con pocas o numerosas sedas, tarso y metatarso con una línea de tricobotrias; abdomen oval, con un patrón de líneas en la superficie dorsal, con órgano estridulatorio dorsolateral al pedicelo (ausente en algunas especies); cololo reducido o ausente; sistema respiratorio con un par de libros pulmonares y un sistema traqueal que se extiende hasta el cefalotórax; epigino usualmente con aberturas genitales ubicadas medial o anteriormente, con o sin espermatecas secundarias; patela palpal del macho con o sin apófisis retrobasal, RTA desarrollada apicalmente, tegulo simple o con una línea basal de sedas, apófisis tegular ausente o reducida, émbolo alargado, sin modificaciones, rodeando al tegulo formando un círculo. **Distribución.** Tienen una amplia distribución, siendo más diversas en las regiones Holártica y Paleotropical. Actualmente se conocen 249 especies incluidas en 28 géneros (World Spider Catalog, 2015).

***Hahnia* C.L. Koch, 1841**

Diagnosis. Espiráculo traqueal conspicuo más cercano a la base de las hileras medias que al surco epigástrico, AME más pequeños que los PME y segmento distal de las hileras laterales con 2/3 la longitud del segmento proximal (Opell y Beatty, 1976).

Composición. Es el género más diverso dentro de la familia con 95 especies que se distribuyen mundialmente, cuatro de ellas presentan distribución en el territorio mexicano (World Spider Catalog, 2015).

***Hahnia* sp01, sp. nov.**

Figuras 20-23, 33c.

Material tipo. *Holotipo.* Macho. México: Veracruz, Atotonilco de Calchahualco, cerca del Parque Nacional Pico de Orizaba. Cuadrante II: 19°8'30.2" N 97°12'21.5" W, 2,388 m. Bosque de encino. Colectado en hojarasca con trampas de caída [*Pitfall traps*], 4-14 de octubre de 2012. *Alotipo.* Hembra de la misma localidad. Ambos especímenes están depositados en la Colección del Laboratorio de Aracnología, Facultad de Ciencias, (CAFC-UNAM).

Paratipos. México: Veracruz, Atotonilco de Calchahualco, cuadrante I: 19°8'17.4" N 97°12'16.2" W, 2,300 m. 21-30 de mayo 2012, F. A. Rivera-Quiroz, 1♀ (CAFC-UNAM); 4-14 de octubre 2012, Berlese 7, 3♂ (CAFC-UNAM). Misma localidad, cuadrante II: 19°8'30.2" N 97°12'21.5" W, 2,388 m. 21-30 de mayo 2012, Pitfall 18, 2♂, 1♀ (CAFC-UNAM).

Diagnosis. *H.* sp01 es similar a *H. senaria* por la presencia de seis ojos y por tener la misma apariencia somática (Figs. 20, 22; Zhang, Li y Zheng, 2011: figs. 22, 23). Difiere de esta especie por tener un espiráculo traqueal más cercano a la base de las hileras medias (Fig. 20e), cuatro macrosetas curvadas apicalmente sobre la superficie retrolateral de la tibia palpal, una RTA corta y ligeramente aserrada (Figs. 20, 22, 23; Zhang, Li y Zheng, 2011: fig. 21), aberturas de copulación localizadas medialmente, ductos de copulación largos, ausencia de espermatecas secundarias y ductos de fertilización largos originándose lateralmente de las espermatecas (Figs. 21, 22, 23; Zhang, Li y Zheng, 2011: fig. 21).

Descripción. *Macho* (Holotipo) (Figs. 20, 22, 23, 33c). Longitud total 1.4. **Cefalotórax:** 0.57 de longitud, 0.42 de ancho. Superficie dorsal del caparazón café claro, más pigmentado en la región cefálica, con un patrón reticulado más oscuro y concentrado hacia los bordes, con un patrón en forma de escudo sobre la región media, bordes de la región torácica más oscuros; periforme, estrecho anteriormente, con su punto más alto localizado entre la región ocular y la fovea, ésta última indistinta. Región ocular 0.12 de longitud, 0.20 de ancho; negra en color, con sedas localizadas entre los PLE-PME y PME-PME. Seis ojos con un arreglo de dos triadas, línea de ojos posterior procurvada en vista frontal. Diámetro de ojos e interdistancias: ALE, PLE y PME igual en tamaño (0.05); ALE-ALE igual a PME-PME (0.03), ALE-PLE igual a PLE-PME (0.01). Clípeo menor a un diámetro de los ALE (0.04).

Quelíceros 0.22 de longitud, 0.12 de ancho, café rojizo en color, ligeramente cóncavos ectalmente, surco queliceral con dos dientes promarginales y dos retromarginales. Enditos 0.13 de longitud, 0.14 de ancho, mismo patrón de color que los quelíceros, convergentes apicalmente, ligeramente cóncavos en su borde exterior, serrula en su borde anterior con dientes en una línea. Labio 0.05 de longitud, 0.09 de ancho, mismo patrón de color que los quelíceros, con muescas basales conspicuas. Esternón 0.30 de longitud, 0.30 de ancho, mismo patrón de color que el caparazón, margen más oscuro, en forma de escudo, truncado anteriormente, estrecho posteriormente, margen anterior ligeramente ondulado, lateralmente con pequeños lóbulos entre las coxas. **Abdomen:** Oval, no esclerosado, cubierto con sedas que se extienden dorsolateralmente, elevado anteriormente sobre la región posterior del caparazón. Patrón dorsal grisáceo, con cinco líneas blanquecinas que se extienden hacia la región posterior y dos puntos semicirculares localizados en la región anterior, ventralmente blanco, cubierto con sedas, sistema respiratorio posterior con un pequeño espiráculo más cercano a las hileras que al surco epigástrico, internamente compuesto de dos troncos cortos que se ramifican en numerosas traqueolas que se extienden hacia el cefalotórax. Colulo indistinto. Hileras café claro; PMS 0.07, ALS segmento proximal 0.09, segmento distal 0.03, PLS segmento proximal 0.10, segmento distal 0.08. **Patas:** I 1.33 (0.40) (0.45) (0.25) (0.23); II 1.19 (0.36) (0.39) (0.24) (0.20); III 1.09 (0.31) (0.34) (0.24) (0.20); IV 1.36 (0.40) (0.44) (0.28) (0.24); fórmula: 4123; de color café claro; fémures con una hilera ventral de cinco a seis macrosedas; superficie dorsal de la patela y tibia (I a IV) con una macroseda; tarso sin macrosedas. **Pedipalpo:** Patela más larga que la tibia, con una apófisis retrobasal corta, más ancha en la base, bifurcada y en forma de gancho; tibia más ancha en su parte anterior, con cuatro macrosedas curvadas apicalmente y una RTA corta y aserrada en la superficie retrolateral; cimbio oval, más largo que ancho, punta ligeramente elongada; émbolo originándose retrobasalmente, extendiéndose alrededor del tegulo y terminando cerca de la base del cimbio; tegulo con un ducto espermático visible, formando un bucle medial y uno retroapical. **Hembra** (Alotipo) (Figs. 21, 22, 23). Longitud total 1.3. Similar al macho a menos que se indique: **Cefalotórax:** Caparazón 0.48 de longitud, 0.37 de ancho. Región ocular 0.10 de longitud, 0.15 de ancho. Clípeo bajo 0.03. Enditos 0.11 de longitud, 0.13 de ancho. Esternón 0.27 de longitud, 0.27 de ancho. **Abdomen:** Segmento distal de las PLS 0.06. **Patas:** I 1.10 (0.35) (0.36) (0.20) (0.19); II 0.99 (0.30) (0.32) (0.19) (0.18); III 0.93 (0.29) (0.29) (0.19) (0.16); IV 1.16 (0.35) (0.38) (0.24) (0.19). **Epigino:** Pequeño, con dos aberturas genitales localizadas medialmente, ductos de copulación largos, casi tan anchos como las espermatecas y

rodeándolas completamente formando bucles hacia la parte posterior. Espermatecas de forma oval, aparentando un ensanchamiento de los ductos, ductos de fertilización originándose lateralmente de las espermatecas, casi rectos, más largos y menos de la mitad de anchos que éstas, pasando por encima de los ductos de copulación en vista dorsal.

Variación (N=30). Longitud total de los machos 1.2-1.4. Longitud total de las hembras 1.2-1.5. Las aberturas genitales varían en posición de la región media a la región anterior. Las espermatecas también varían en orientación en referencia al surco epigástrico. La coloración de los especímenes varía en su pigmentación de café claro a café oscuro. Cinco especímenes presentaron una superficie dorsal del abdomen sin líneas. Varios especímenes presentaron ojos dañados.

Material examinado. N=30. México: *Veracruz*, Atotonilco de Calchahualco, a 15 km del Volcán Pico de Orizaba, cuadrante I: 19°8'17.4" N 97°12'16.2" W, 2,300 m. Mayo 21-30, 2012, 1♂(CAFC-UNAM); Octubre 4-14, 2012, 1♂, 2♀(CAFC-UNAM); Febrero 15-24, 2013, 2♂, 3♀ (CAFC-UNAM); cuadrante II: 19°8'30.2" N 97°12'21.5" W, 2,388 m. Mayo 21-30, 2012, 2♂, 5♀ (CAFC-UNAM); Octubre 4-14, 2012, 1♂, 1♀ (CAFC-UNAM); Febrero 15-24, 2013, 2♂, 3♀ (CAFC-UNAM). Xamactipac de Calchahualco: cuadrante I: 19°7'34.1" N 97°4'1.5" W, 1,710 m. Abril 19-27, 2013, 1♀ (CAFC-UNAM); Octubre 2-11, 2013, 2♂, 1♀ (CAFC-UNAM); Febrero 4-17, 2014, 1♂ (CAFC-UNAM); cuadrante II: 19°7'32.5" N 97°4'3.2" W, 1,700 m. Febrero 4-17, 2014, 2♀ (CAFC-UNAM). Colección del Laboratorio de Aracnología de la Facultad de Ciencias.

Distribución. Bosque de encino en la región de Atotonilco y Xamaticpac del municipio de Calchahualco, Veracruz, México (Fig. 18).

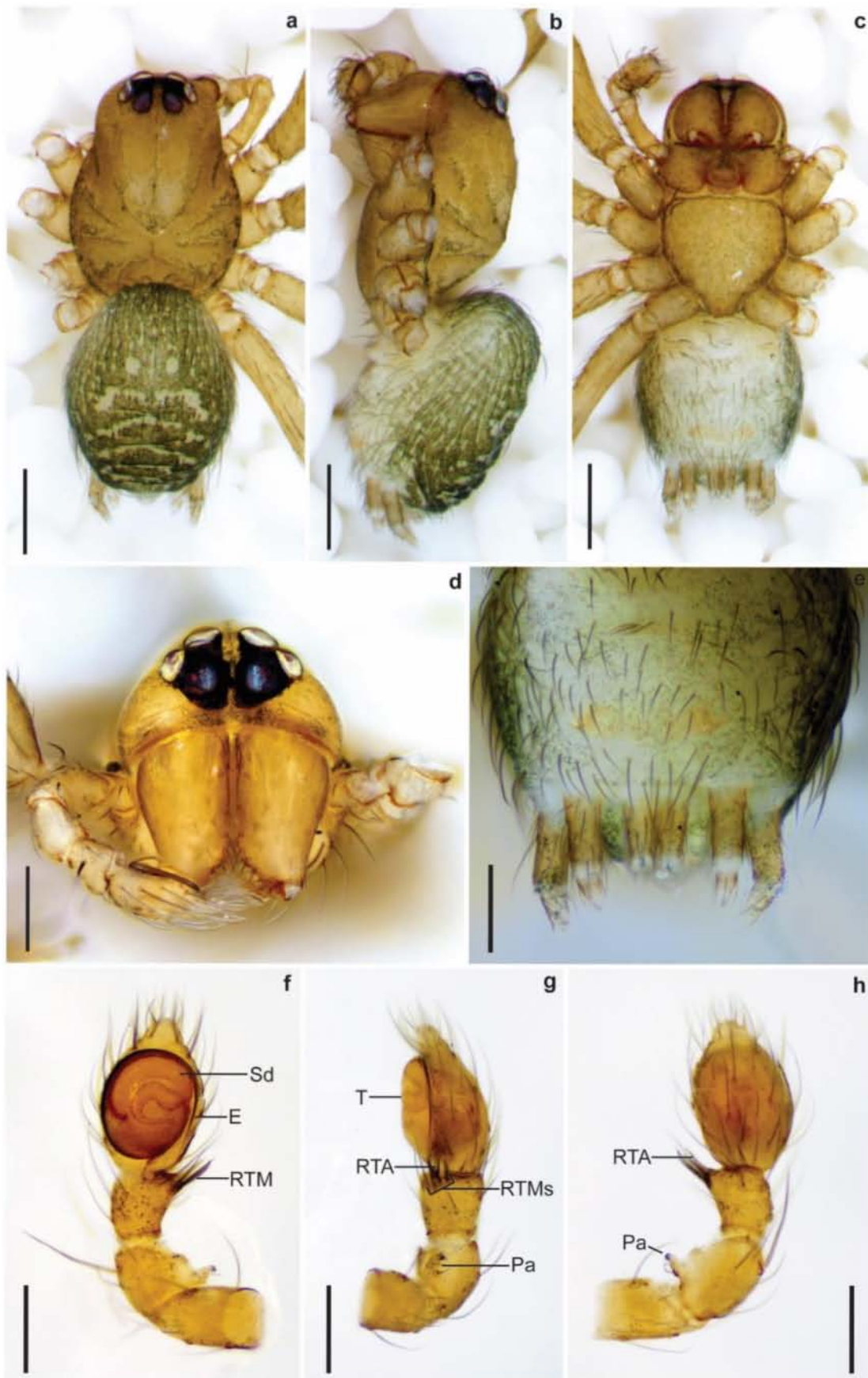


Fig. 20. *Hahnia* sp01. Macho. a) Habitus dorsal, b) Habitus lateral, c) habitus ventral, d) Prosoma anterior, e) Hileras vista ventral, f) Pedipalpo ventral, g) Pedipalpo retrolateral, h) Pedipalpo dorsal. Barras de escala: 0.2 mm.

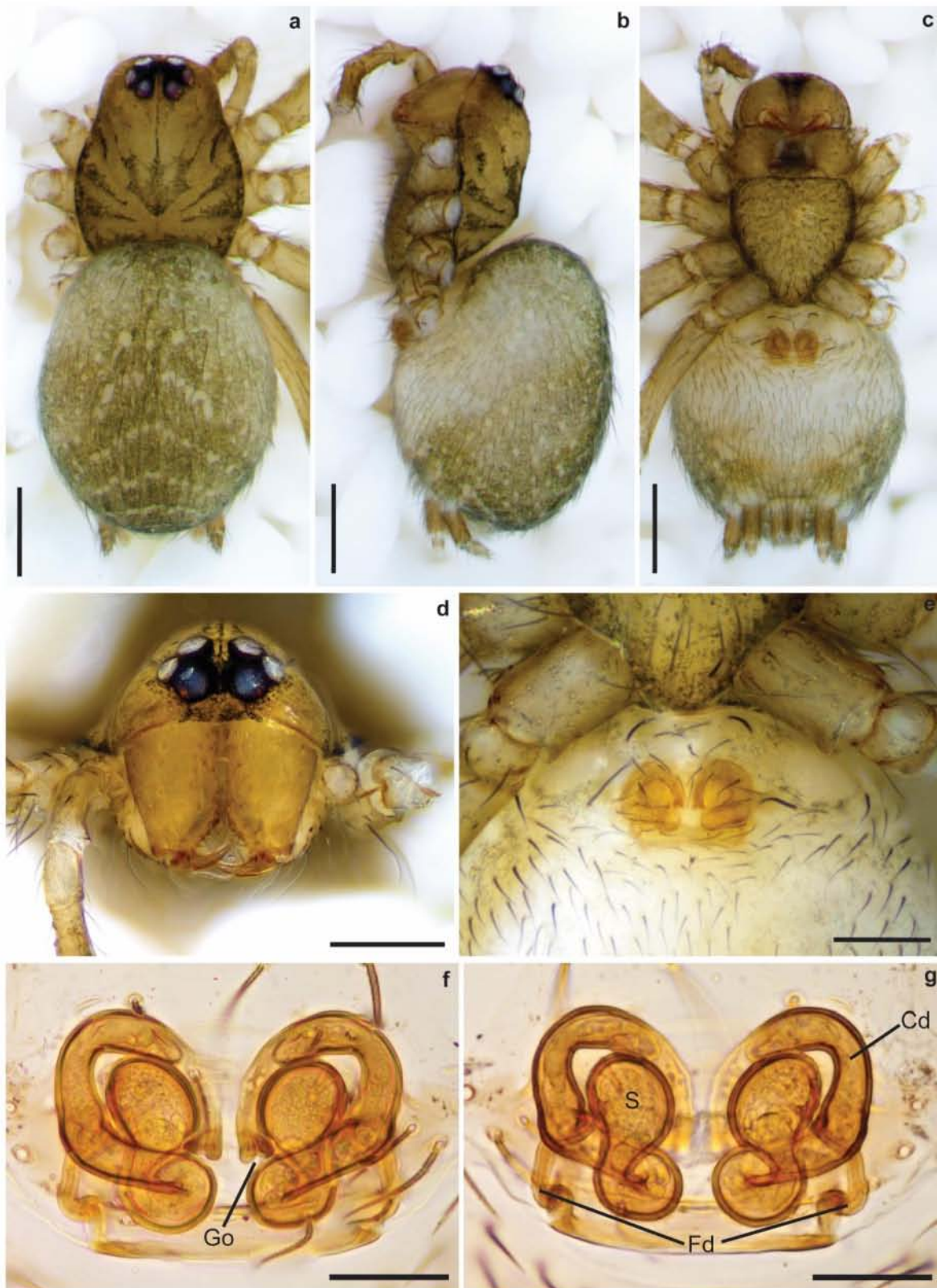


Fig. 21. *Hahnia* sp01. Hembra. a) Habitus dorsal, b) Habitus lateral, c) habitus ventral, d) Prosoma anterior, e) Epigino ventral, f) Epigino ventral aclarado, g) Epigino dorsal aclarado. Barras de escala: 0.2 mm, epiginos aclarados: 0.05 mm.

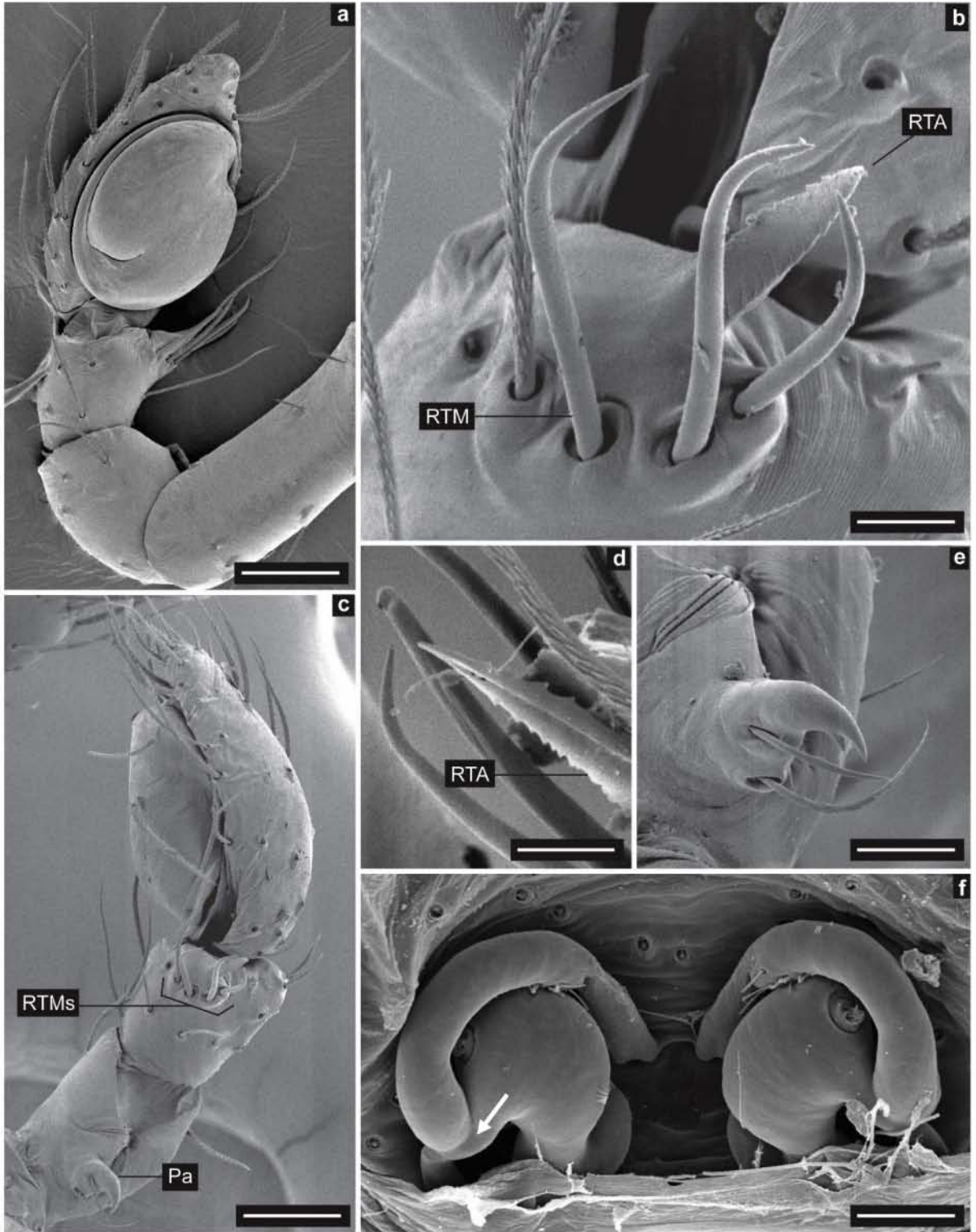


Fig. 22. *Hahnia* sp01. Morfología de los genitales. a) Pedipalpo ventral, b) RTA y RTMs, vista retrolateral, c) Pedipalpo vista retrolateral, d) Detalle de la RTA, vista dorsal, e) Apófisis patelar, vista retrolateral, f) Epigino vista dorsal, la flecha indica el Fd. Barras de escala: 0.01 mm.

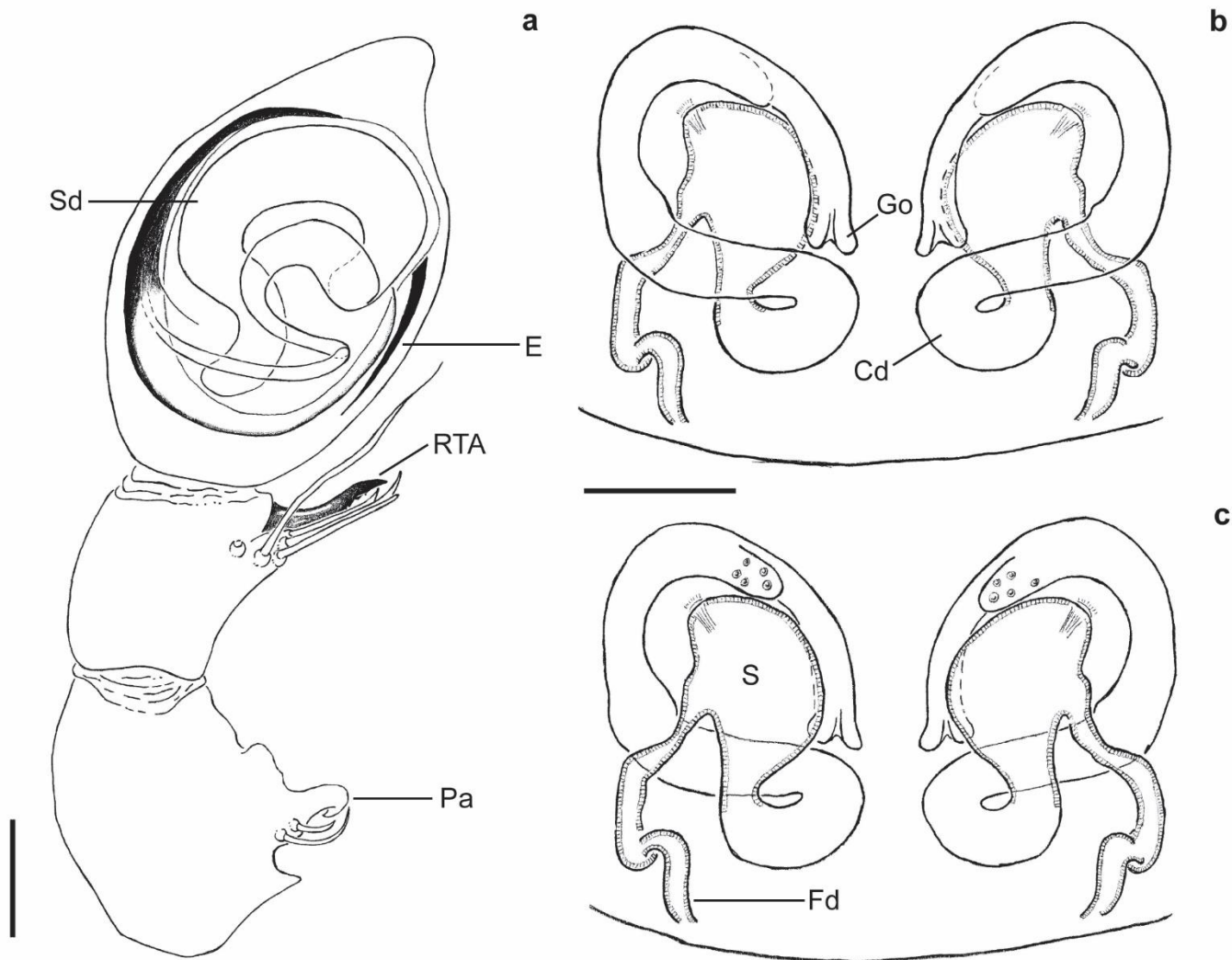


Fig. 23. *Hahnia* sp01. Ilustraciones de la genitalia. a) Pedipalpo ventral, b) Epigino ventral, c) Epigino dorsal. Barras de escala: 0.05 mm.

***Neoantistea* Gertsch, 1934**

Diagnosis. Espiráculo traqueal más cercano al surco epigástrico que a la base de las hileras medias, segmento distal de las PLS tan largo como el segmento proximal, AME tan grandes como los PME, órgano estridulatorio sobre el margen posterior del caparazón y sobre la región anterior del abdomen (Opell y Beatty, 1976).

Composición. Es el tercer género más diverso dentro de la familia con 23 especies que se distribuyen principalmente en la región Neártica y Noreste-Sureste de Asia. Ocho especies presentan distribución en México (World Spider Catalog, 2015).

***Neoantistea* sp01, sp. nov.**

Figuras 24-27, 33d, 35a, b, d, f, g, h.

Material tipo. *Holotipo.* Macho. México: Veracruz, Atotonilco de Calchahualco, cerca del Parque Nacional Pico de Orizaba. Cuadrante I: 19°8'17.4" N 97°12'16.2" W, 2,300 m. Bosque de encino. Colectado en hojarasca con búsqueda críptica por Facundo Martín Labarque, 4-14 de octubre de 2012. *Alotipo.* Hembra de la misma localidad, colectada con búsqueda críptica por Uriel Garcilazo Cruz. Ambos especímenes están depositados en la Colección del Laboratorio de Aracnología, Facultad de Ciencias, (CAFC-UNAM).

Paratipos. México: Veracruz, Atotonilco de Calchahualco, cuadrante I: 19°8'17.4" N 97°12'16.2" W, 2,300 m. 4-14 de octubre 2012, 1♂, 1♀ (CAFC-UNAM); 15-24 de febrero 2013, 1♂, 1♀ (CAFC-UNAM).

Diagnosis. *N.* sp01 es similar a *N. riparia*, *N. procteri*, *N. coconino*, *N. gosiuta*, *N. mulaiki*, *N. crandalii* y *N. santana* por tener una RTA fuertemente curvada proximalmente (Figs. 24, 26; Opell y Beatty 1976: figs. 24, 26, 30, 40, 46, 56, 62). Difiere de estas especies por tener el segmento distal de las PLS más corto que el segmento proximal (Fig. 24e), un émbolo originándose retrobasalmente, largo y filiforme (Figs. 24a, 26c, d, 27a) y una RTA con dos líneas discontinuas de dientes a lo largo de su margen interno (Figs. 24, 27a). Características únicas de *N.* sp01 también incluye: genitalia de la hembra con bursas anchas y fuertemente esclerosadas, originándose lateralmente de las espermatecas secundarias y dirigiéndose hacia la región media-posterior del epigino, espermatecas secundarias semicirculares, tan anchas como las bursas y localizadas cerca del margen anterior del epigino (Figs. 25f, g, 27b, c).

Descripción. *Macho* (Holotipo) (Figs. 24, 26, 27, 33d). Longitud total 2.8. **Cefalotórax:** 1.6 de longitud, 1.1 de ancho. Superficie dorsal del caparazón café claro, con un patrón reticulado más oscuro y concentrado hacia los bordes, con un patrón en forma de escudo sobre la región media y margen de la región torácica más oscuro. Periforme, estrecho anteriormente, fóvea longitudinal y café en color, órgano estridulatorio inconspicuo sobre el margen posterior compuesto de un área rugosa con pliegues y pequeños lóbulos. Región ocular 0.20 de longitud, 0.37 de ancho; oscura en color. Ocho ojos, ambas líneas de ojos ligeramente procurvadas en vista frontal. Diámetro de ojos e interdistancias: AME, PLE y

PME igual en tamaño (0.08), ALE (0.1); AME-AME, AME-ALE, ALE-PLE igual en distancia (0.01), PLE-PME (0.03), PME-PME (0.06). Clípeo mayor a un diámetro de los AME (0.12). Quelíceros 0.48 de longitud, 0.24 de ancho, café rojizo en color, ligeramente cóncavos ectalmente, surco quelicerol con tres dientes promarginales y cuatro retromarginales. Enditos 0.26 de longitud, 0.30 de ancho, café claro en color, convergentes apicalmente, ligeramente elongados posteriormente, serrula en su borde anterior con dientes en una línea. Labio 0.13 de longitud, 0.20 de ancho, mismo patrón de color que el caparazón, con muescas basales conspicuas. Esternón 0.56 de longitud, 0.62 de ancho, café claro en la región media, margen más oscuro; en forma de escudo, truncado anteriormente, estrecho posteriormente, margen anterior ligeramente ondulado, lateralmente con pequeños lóbulos opuestos a las coxas. **Abdomen:** Oval, no esclerosado, cubierto con sedas que se extienden dorsolateralmente, elevado anteriormente sobre la región posterior del caparazón, órgano estridulatorio dorsolateral al pedicelo compuesto de dos grupos de numerosas, delgadas y aplanadas macrosedas. Patrón dorsal grisáceo-negro, con cinco líneas blanquecinas que se extienden hacia la región postero-lateral y dos puntos semicirculares rojos localizados en la región anterior, ventralmente blanco, cubierto con sedas, sistema respiratorio posterior con un conspicuo espiráculo más cercano al surco epigástrico que a las hileras, internamente compuesto de cuatro tráqueas tubulares que se ramifican en ocho conjuntos de traqueolas; cuatro más cortos y dirigiéndose hacia la región posterior, los otros cuatro dirigiéndose hacia la región anterior extendiéndose hasta el cefalotórax y ramificándose hasta las patas. Colulo indistinto. Hileras café claro, ALS y PLS oscuras distalmente; PMS 0.15, ALS segmento proximal 0.15, segmento distal 0.04, PLS segmento proximal 0.20, segmento distal 0.10. **Patas:** I 3.05 (0.85) (0.95) (0.75) (0.50); II 2.99 (0.88) (0.99) (0.64) (0.48); III 2.72 (0.75) (0.83) (0.66) (0.48); IV 3.51 (0.91) (1.30) (0.80) (0.50); fórmula: 4123; de color café oscuro; fémures, tibias y metatarsos con anillos oscuros proximales y distales; superficie dorsal de la patela y tibia (I a IV) con una macroseda; tarso sin anillos oscuros ni macrosedas. **Pedipalpo:** Patela más larga que la tibia, con una apófisis retrobasal casi recta, más ancha en la base, ligeramente ondulada hacia la parte apical y terminando en forma puntiaguda, con cortas macrosedas originándose lateralmente; tibia ligeramente más larga que ancha, con una RTA fuertemente procurvada, ligeramente curvada hacia atrás, con pequeños dientes a lo largo de su margen interno; cimbio oval, más largo que ancho, punta elongada; émbolo originándose retrobasalmente, largo y filiforme, extendiéndose alrededor del tegulo haciendo una vuelta completa; tegulo con un ducto espermático visible, formando un bucle retroapical y uno medial, este último

uniéndose a la región embólica en la región retrolateral del cambio. *Hembra* (Alotipo) (Figs. 25, 27, 33d, 35a, b, d, f, g, h). Longitud total 3.4. Similar al macho a menos que se indique: **Cefalotórax:** Caparazón 2.0 de longitud, 1.3 de ancho. Región ocular 0.20 de longitud, 0.38 de ancho. Ojos e interdistancias: ALE (0.09), AME-AME (0.02), PME-PME (0.07). Quelíceros 0.59 de longitud, 0.28 de ancho. Enditos 0.30 de longitud, 0.28 de ancho. Esternón 0.60 de longitud, 0.70 de ancho. **Abdomen:** PMS 0.20, ALS segmento proximal 0.20, segmento distal 0.03. **Patas:** I 3.13 (0.75) (1.3) (0.60) (0.48); II 2.88 (0.80) (1.0) (0.63) (0.45); III 2.79 (0.83) (0.90) (0.63) (0.43); IV 3.6 (1.0) (1.2) (0.85) (0.55). **Epigino:** Grande, con una abertura genital localizada anterior a las espermatecas; bursas separadas, anchas y fuertemente esclerosadas, originándose lateralmente de las espermatecas secundarias, rodeándolas parcialmente y dirigiéndose hacia la región media-posterior del epigino. Ss semicirculares, tan anchas como las bursas y localizadas cerca del margen anterior del epigino; ductos de copulación largos, fácilmente visibles en vista ventral, rodeando a la abertura genital y formando varios bucles posteriormente en vista dorsal. Espermatecas de forma oval, localizadas posterior a las Ss, más pequeñas que ellas, con ductos de fertilización cortos que se originan posteriormente.

Variación (N=15). Longitud total de los machos 2.5-2.8. Longitud total de las hembras 3.1-3.4. Los bucles de los ductos varían considerablemente en orientación. Las espermatecas también varían en orientación en referencia al surco epigástrico. La coloración de los especímenes varía en su pigmentación de café rojizo a café oscuro. Un espécimen presenta siete ojos.

Material examinado. N=15. México: *Veracruz*, Atotonilco de Calchualco, a 15 km del Volcán Pico de Orizaba, cuadrante I: 19°8'17.4" N 97°12'16.2" W, 2,300 m. Octubre 4-14, 2012, 3♂, 10♀ (CAFC-UNAM); Febrero 15-24, 2013, 1♂, 1♀ (CAFC-UNAM). Colección del Laboratorio de Aracnología de la Facultad de Ciencias.

Distribución. Bosque de encino en la región de Atotonilco del municipio de Calchualco, Veracruz, México (Fig. 18).

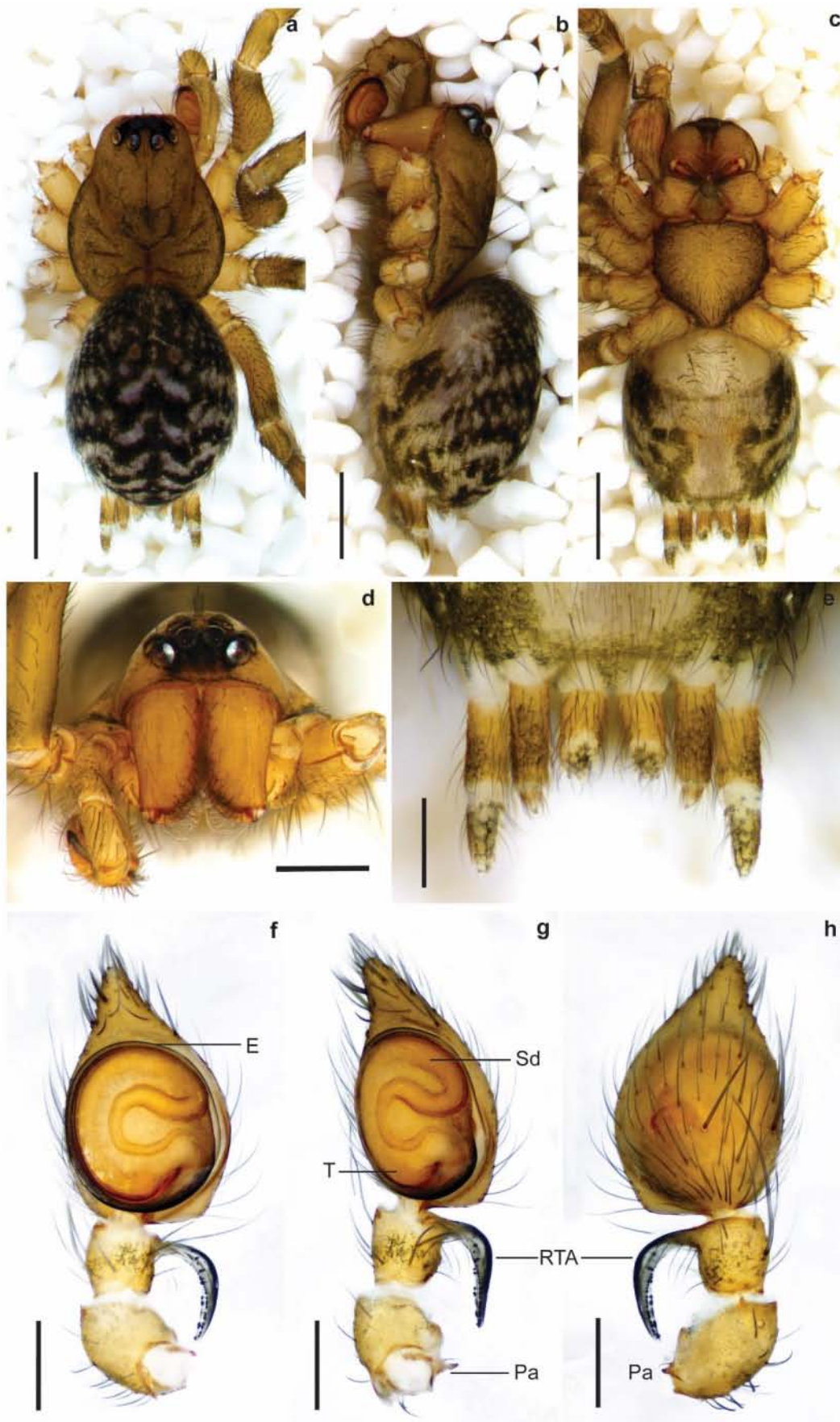


Fig. 24. *Neoantistea* sp01. Macho. a) Habitus dorsal, b) Habitus lateral, c) habitus ventral, d) Prosoma anterior, e) Hileras vista ventral, f) Pedipalpo ventral, g) Pedipalpo retrolateral, h) Pedipalpo dorsal. Barras de escala: 0.2 mm, habitus: 0.5 mm

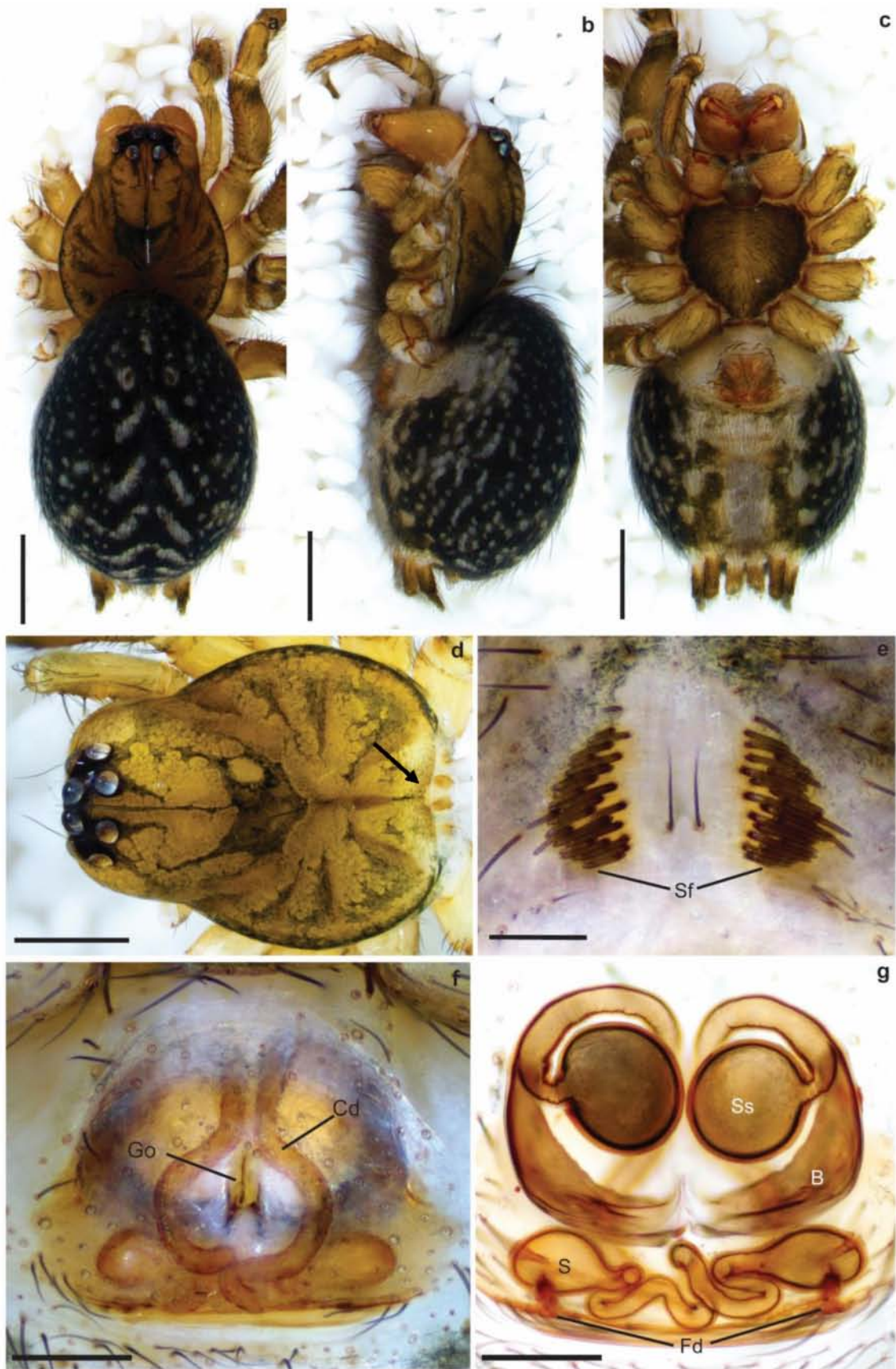


Fig. 25. *Neoantistea* sp01. Hembra. a) Habitus dorsal, b) Habitus lateral, c) habitus ventral, d) Prosoma dorsal, la flecha indica el Sf, e) Abdomen anterior (Sf), f) Epigino ventral, g) Epigino dorsal aclarado. Barras de escala: Habitus= 1 mm, PRSD= 0.5 mm, Sf y EPIV= 0.2 mm, Epigino aclarado: 0.1 mm.

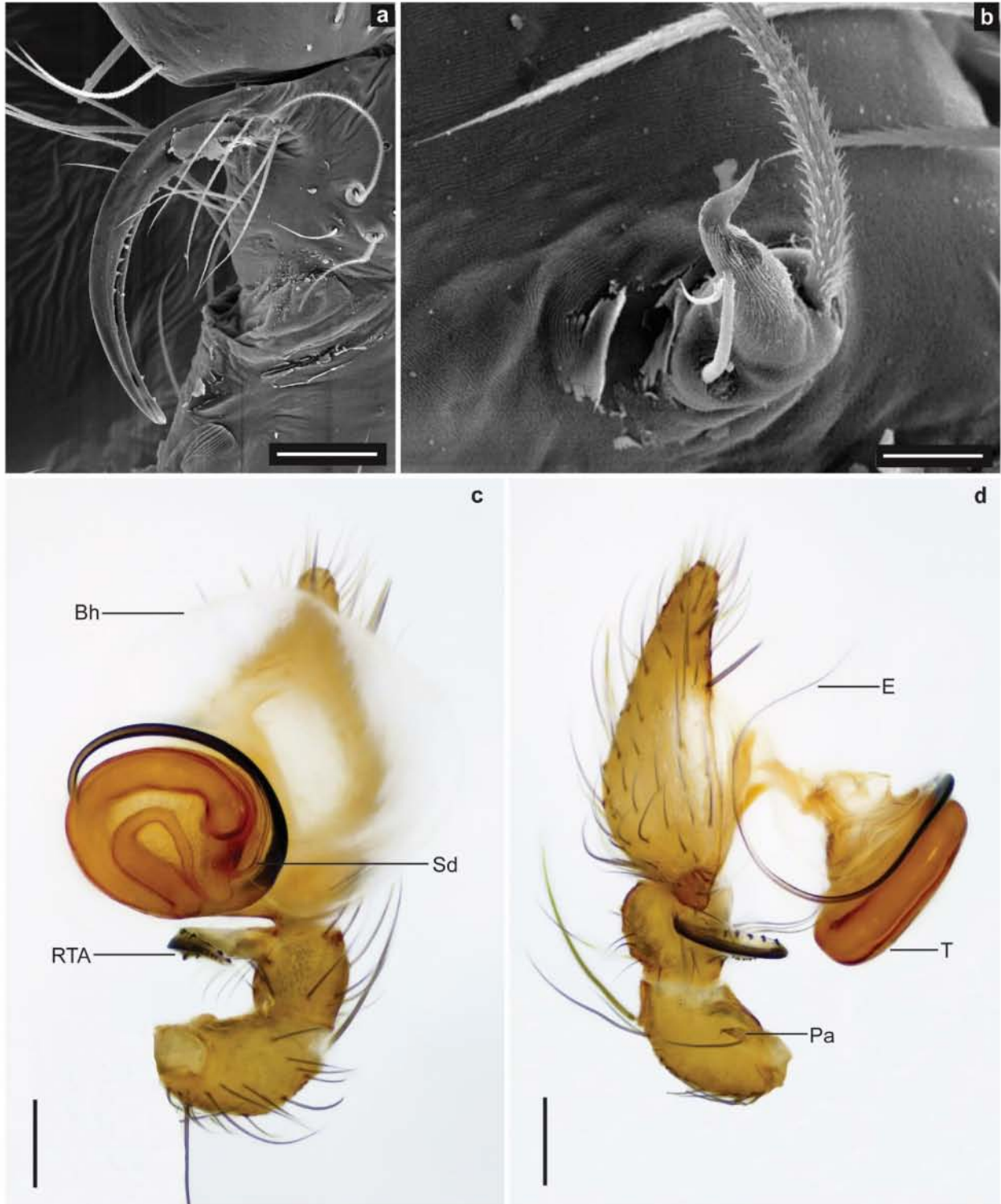


Fig. 26. *Neoantistea* sp01. Morfología de los genitales. a) RTA vista dorsal, b) Apófisis patelar vista dorsal, c) Pedipalpo derecho expandido, vista ventral, d) Pedipalpo derecho expandido, vista retrolateral. Barras de escala: RTA y Pa: 0.01 mm, pedipalpos expandidos: 0.2 mm.

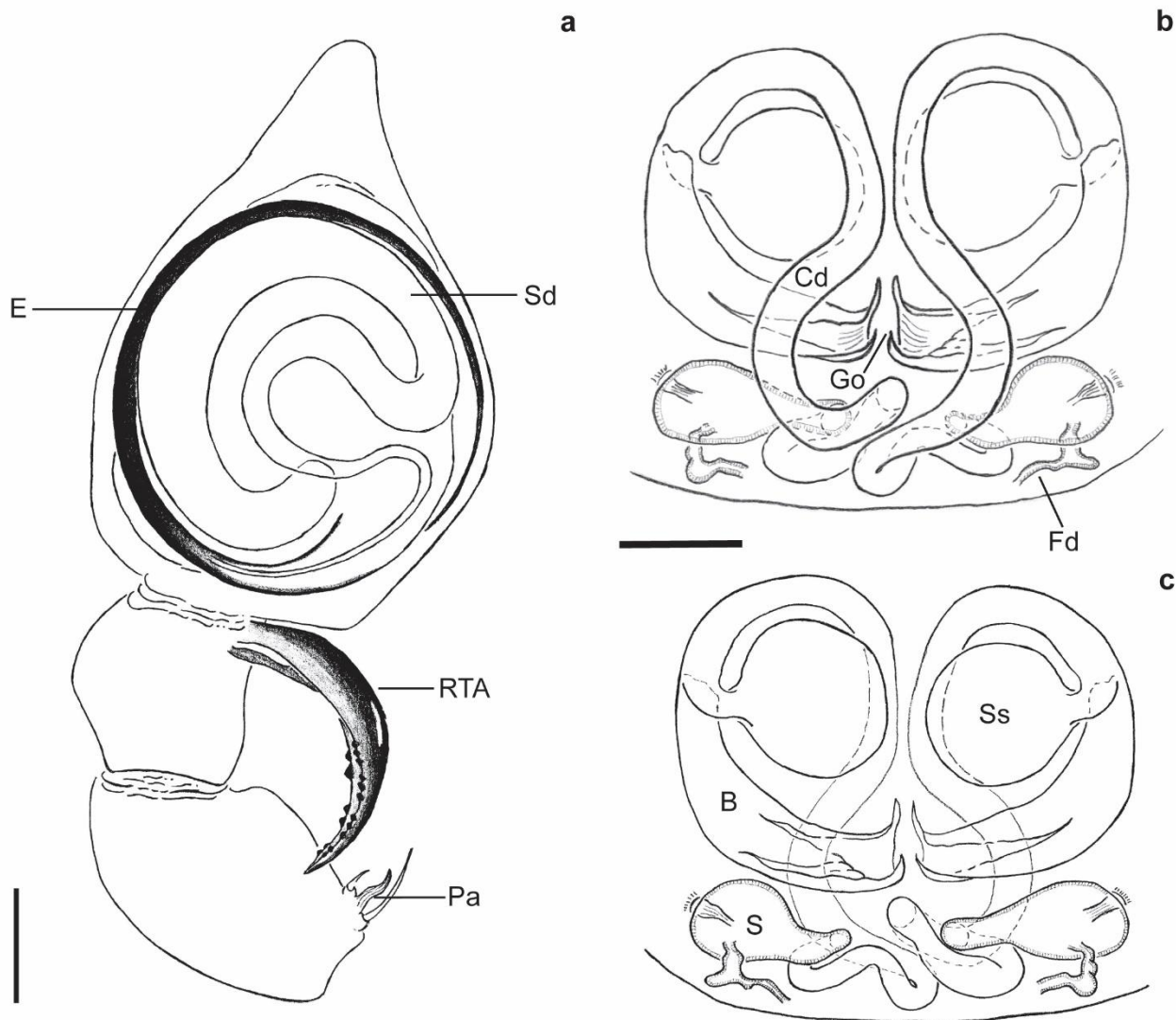


Fig. 27. *Neoantistea* sp01. Ilustraciones de la genitalia. a) Pedipalpo ventral, b) Epigino ventral, c) Epigino dorsal. Barras de escala: 0.1 mm.

***Neoantistea* sp02, sp. nov.**

Figuras 28-32, 33a, b, 34, 35c, e, i.

Material tipo. *Holotipo.* Macho. México: Veracruz, Atotonilco de Calchualco, cerca del Parque Nacional Pico de Orizaba. Cuadrante I: 19°8'17.4" N 97°12'16.2" W, 2,300 m. Bosque de encino. Colectado en hojarasca con trampas de caída [*Pitfall traps*], 21-30 de mayo de 2012. *Alotipo.* Hembra. México: Veracruz, Atotonilco de Calchualco, cerca del Parque Nacional Pico de Orizaba. Cuadrante II: 19°8'30.2" N 97°12'21.5" W, 2,388 m. Bosque de encino. Colectada en hojarasca con trampas de caída [*Pitfall traps*], 21-30 de

mayo de 2012. Ambos especímenes están depositados en la Colección del Laboratorio de Aracnología, Facultad de Ciencias, (CAFC-UNAM).

Paratipos. México: Veracruz, Atotonilco de Calchahuaco, cuadrante I: 19°8'17.4" N 97°12'16.2" W, 2,300 m. 21-30 de mayo 2012, F. Alvarez-Padilla, 1♀ (CAFC-UNAM); 4-14 de octubre 2012, F. Alvarez-Padilla, 1♂ (CAFC-UNAM). Misma localidad, cuadrante II: 19°8'30.2" N 97°12'21.5" W, 2,388 m. 21-30 de mayo 2012, F. A. Rivera-Quiroz, 1♀ (CAFC-UNAM); 15-24 de febrero 2013, F. A. Rivera-Quiroz, 1♂ (CAFC-UNAM).

Diagnosis. *N. sp02* es similar a *N. pueblensis*, *N. inaffecta* y *N. magna* por la posición del RTA con respecto a la longitud de la tibia (Figs. 28, 30; Opell y Beatty, 1976: figs. 36, 37, 68, 69, 74, 75). Difiere de estas especies por tener una apófisis patelar recta, dirigida hacia atrás y con forma de cono hacia la parte apical (Fig. 30f) y una RTA curvada distalmente con un patrón aserrado a lo largo de su margen interno (Fig. 30d). Características únicas de *N. sp02* también incluye: genitalia de la hembra con espermatecas secundarias localizadas medialmente y más grandes que las espermatecas, espermatecas ovales, localizadas lateralmente y detrás de las espermatecas secundarias (Figs. 29, 30e, 31b, c).

Descripción. Macho (Holotipo) (Figs. 28, 30, 31, 32). Longitud total 2.9. **Cefalotórax:** 1.6 de longitud, 0.95 de ancho. Superficie dorsal del caparazón café rojizo, más pigmentado en la región cefálica, con líneas radiando hacia los bordes, región media y margen de la región torácica más oscuro. Periforme, estrecho anteriormente, fovea longitudinal y café en color, órgano estridulatorio inconspicuo sobre el margen posterior compuesto de un área rugosa con pliegues y pequeños lóbulos. Región ocular 0.24 de longitud, 0.42 de ancho. Ocho ojos, ambas líneas de ojos ligeramente procurvadas en vista frontal. Diámetro de ojos e interdistancias: AME (0.07), ALE (0.12), PLE y PME igual en tamaño (0.1); AME-AME (0.03), AME-ALE (0.01), ALE-PLE contiguos, PLE-PME (0.03), PME-PME (0.08). Clípeo mayor a un diámetro de los AME (0.15). Quelíceros 0.62 de longitud, 0.30 de ancho, café rojizo en color, ligeramente cóncavos ectalmente, surco quelicerol con tres dientes promarginales y cuatro retromarginales. Enditos 0.24 de longitud, 0.28 de ancho, café claro en color, convergentes apicalmente, ligeramente elongados posteriormente, serrula en su borde anterior con dientes en una línea. Labio 0.13 de longitud, 0.25 de ancho, mismo patrón de color que los enditos, con muescas basales conspicuas. Esternón 0.55 de longitud, 0.72 de ancho, café claro en la región media, margen más oscuro; en forma de

escudo, truncado anteriormente, estrecho posteriormente, margen anterior con pequeños lóbulos opuestos al labio, lateralmente con pequeños lóbulos opuestos a las coxas. **Abdomen:** Oval, no esclerosado, cubierto con sedas que se extienden dorsolateralmente, elevado anteriormente sobre la región posterior del caparazón, órgano estridulatorio dorsolateral al pedicelo compuesto de dos grupos de anchas y aplanadas macrosedas. Patrón dorsal grisáceo, con cinco líneas blanquecinas que se extienden hacia la región postero-lateral y dos puntos semicirculares localizados en la región anterior, ventralmente blanco, cubierto con sedas, sistema respiratorio posterior con un conspicuo espiráculo más cercano al surco epigástrico que a las hileras, internamente compuesto de cuatro tráqueas tubulares que se ramifican en ocho conjuntos de traqueolas; cuatro más cortos y dirigiéndose hacia la región posterior, los otros cuatro dirigiéndose hacia la región anterior extendiéndose hasta el cefalotórax y ramificándose hasta las patas. Colulo indistinto. Hileras café claro, PLS oscuras distalmente; PMS (0.2), ALS segmento proximal (0.25), segmento distal (0.03), PLS segmento proximal (0.25), segmento distal (0.24). **Patatas:** I 3.85 (1.1) (1.3) (0.85) (0.60); II 3.81 (1.1) (1.3) (0.81) (0.60); III 3.52 (1.1) (1.1) (0.82) (0.50); IV 4.0 (1.1) (1.3) (1.0) (0.60); fórmula: 4123; de color café claro; triángulos precoxales presentes; fémures y tibias con anillos oscuros proximales y distales; superficie dorsal de la patela (I a IV) con dos macrosedas, tibia I a IV con cuatro macrosedas; dos dorsales, una pro lateral y una retrolateral, tarso sin anillos oscuros ni macrosedas. **Pedipalpo:** Patela tan ancha y larga como la tibia, con una apófisis retrobasal recta, más ancha en la base, dirigida hacia atrás y terminando en forma de cono hacia la parte apical, con cortas y largas macrosedas originándose lateralmente; tibia más larga que ancha, RTA curvada distalmente con un patrón aserrado a lo largo de su margen interno; cimbio oval, ligeramente más largo que ancho, punta ligeramente elongada; émbolo originándose probasalmente, extendiéndose alrededor del tegulo haciendo una vuelta casi completa; tegulo con un ducto espermático visible, formando un bucle retrobasal y uno medial, este último uniéndose a la región embólica en la región pro lateral del cimbio. **Hembra** (Alotipo) (Figs. 29, 30, 31, 32, 33a, b, 35c, e, i). Longitud total 3.4. Similar al macho a menos que se indique: **Cefalotórax:** Caparazón 1.0 de longitud, 0.60 de ancho; superficie dorsal con marcas oscuras. Región ocular 0.15 de longitud, 0.34 de ancho. Ojos e interdistancias: AME (0.05), ALE (0.09), PLE (0.08), PME (0.06); PME-PME (0.07). Clípeo (0.09). Quelíceros 0.45 de longitud, 0.20 de ancho; café claro en color. Enditos 0.20 de longitud, 0.22 de ancho. Esternón 0.35 de longitud, 0.52 de ancho. **Abdomen:** PMS (0.15), ALS segmento proximal (0.20), PLS segmento proximal (0.15), segmento distal (0.15). **Patatas:** I 2.4 (0.70) (0.80)

(0.50) (0.40); II 2.36 (0.70) (0.76) (0.50) (0.40); III 2.3 (0.65) (0.70) (0.55) (0.40); IV 2.77 (0.77) (0.90) (0.65) (0.45). **Epigino:** Pequeño, con dos aberturas genitales localizadas anterior a las espermatecas; bursas separadas, curvadas, originándose dorsalmente de las espermatecas secundarias. Ss de forma oval, localizadas medialmente, más grandes que las espermatecas; con ductos de copulación largos, formando bucles ventrales y dorsales. Espermatecas ovales, localizadas lateralmente y detrás de las Ss; ductos de fertilización cortos, originándose posteriormente de éstas.

Variación (N=24). Longitud total de los machos 2.1-2.9. Longitud total de las hembras 2.3-2.7. Los bucles de los ductos varían considerablemente en orientación. La coloración de los especímenes varía en su pigmentación de blanquecino a café rojizo. El patrón de la superficie dorsal del caparazón varía en su pigmentación de grisáceo a negro. Varios especímenes presentaron patas dañadas.

Material examinado. N=24. México: Veracruz, Atotonilco de Calchahualco, a 15 km del Volcán Pico de Orizaba, cuadrante I: 19°8'17.4" N 97°12'16.2" W 2,300 m. Mayo 21-30, 2012, 2♀ (CAFC-UNAM); Octubre 4-14, 2012, 2♂ (CAFC-UNAM); Febrero 15-24, 2013, 1♂, 1♀ (CAFC-UNAM); cuadrante II: 19°8'30.2" N 97°12'21.5" W 2,388 m. Mayo 21-30, 2012, 2♂, 3♀ (CAFC-UNAM); Octubre 4-14, 2012, 3♀ (CAFC-UNAM); Febrero 15-24, 2013, 1♂, 1♀ (CAFC-UNAM). Xamactipac de Calchahualco: cuadrante I: 19°7'34.1" N 97°4'1.5" W 1,710 m. Abril 19-27, 2013, 1♂ (CAFC-UNAM); Octubre 2-11, 2013, 1♂ (CAFC-UNAM); Febrero 4-17, 2014, 1♂ (CAFC-UNAM); cuadrante II: 19°7'32.5" N 97°4'3.2" W 1,700 m. Abril 19-27, 2013, 1♂ (CAFC-UNAM); Octubre 2-11, 2013, 1♂, 2♀ (CAFC-UNAM); Febrero 4-17, 2014, 1♀ (CAFC-UNAM). Colección del Laboratorio de Aracnología de la Facultad de Ciencias.

Distribución. Bosque de encino en la región de Atotonilco y Xamaticpac del municipio de Calchahualco, Veracruz, México (Fig. 18).

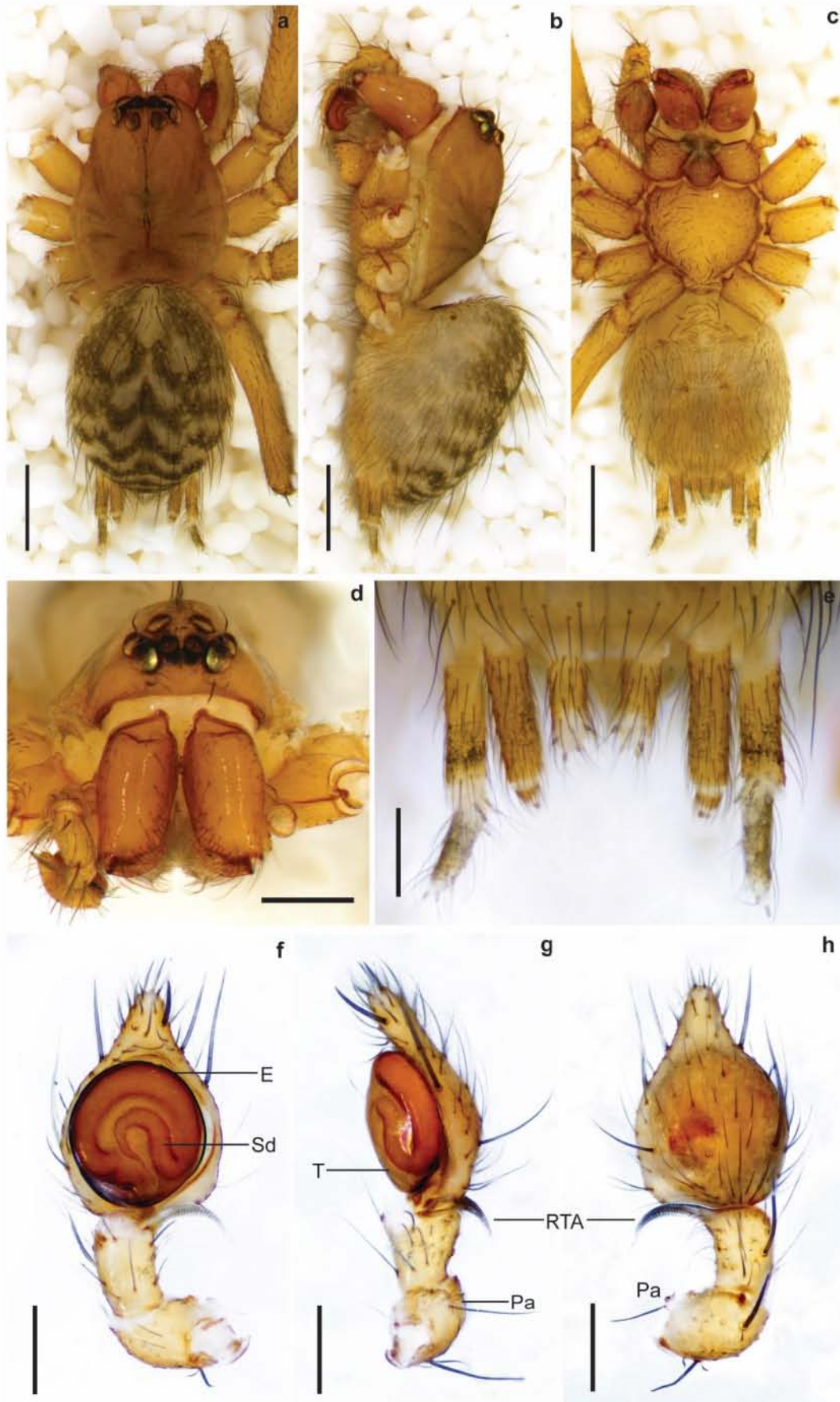


Fig. 28. *Neoantistea* sp02. Macho. a) Habitus dorsal, b) Habitus lateral, c) habitus ventral, d) Prosoma anterior, e) Hileras vista ventral, f) Pedipalpo ventral, g) Pedipalpo retrolateral, h) Pedipalpo dorsal. Barras de escala: 0.2 mm, habitus: 1 mm

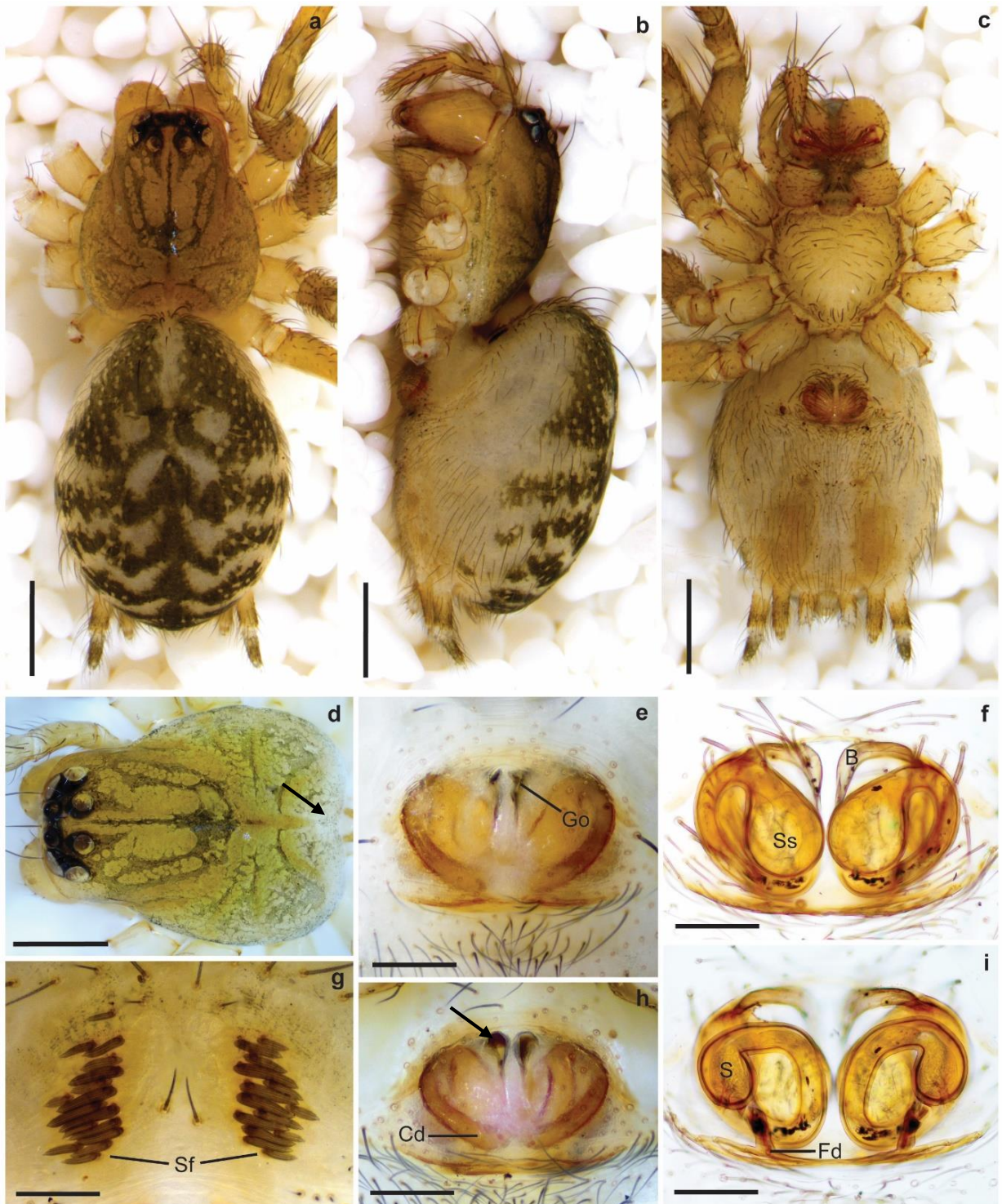


Fig. 29. *Neoantistea* sp02. Hembra. a) Habitus dorsal, b) Habitus lateral, c) habitus ventral, d) Prosoma dorsal, la flecha indica el Sf, e) Epigino ventral f) Epigino ventral aclarado, g) Abdomen anterior (Sf), h) Epigino ventral, la flecha indica un *mating plug*, i) Epigino vista dorsal aclarado. Barras de escala: Habitus: 1 mm, PRSD, Sf y epiginos ventrales: 0.2 mm, epiginos aclarados: 0.1 mm.

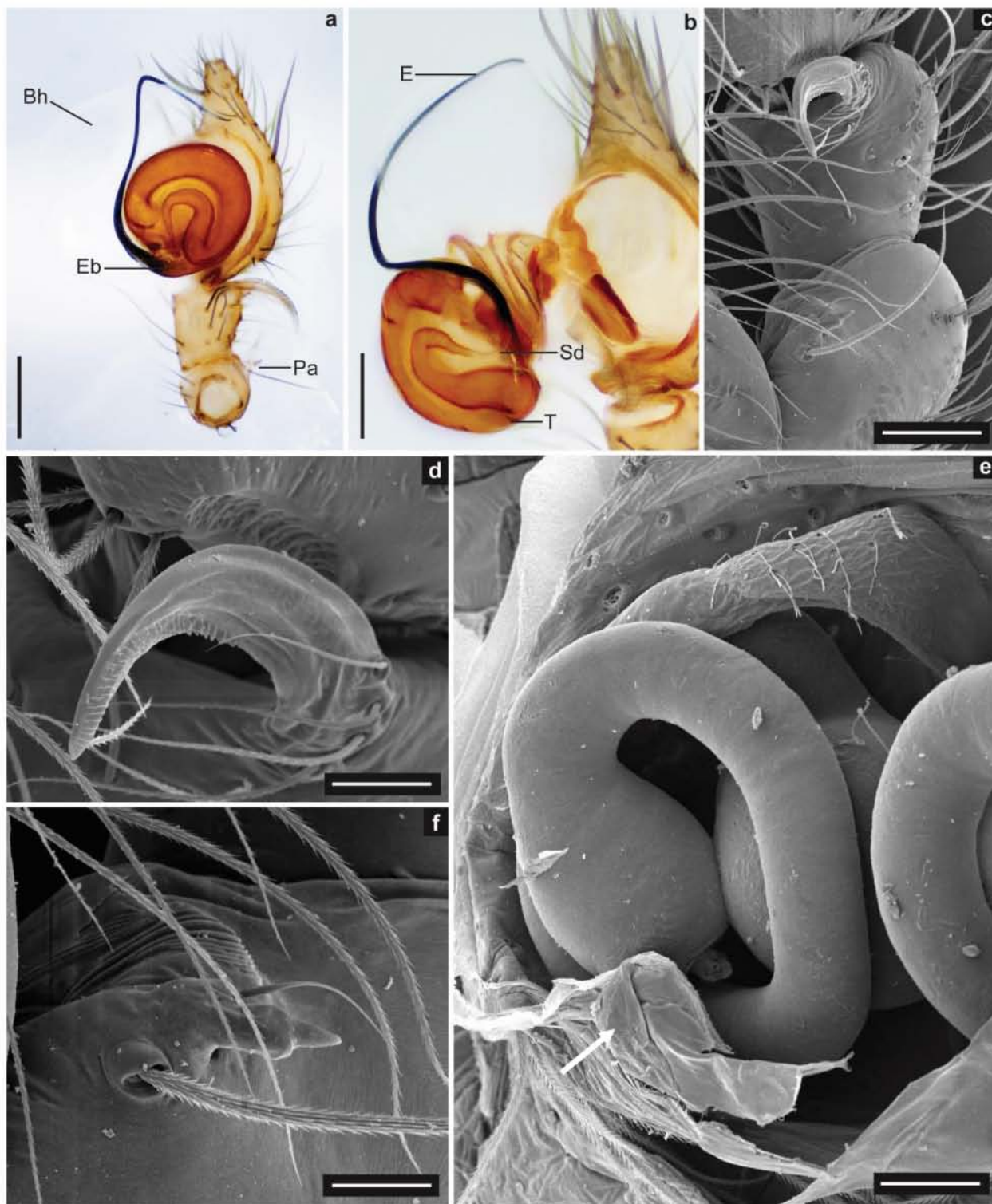


Fig. 30. *Neoantistea* sp02. Morfología de los genitales. a) Pedipalpo izquierdo expandido, vista ventral, b) Pedipalpo derecho expandido, vista retrolateral, c) Pedipalpo retrolateral, d) RTA vista dorsal, e) Epigino dorsal, la flecha indica el Fd, f) Apósis patelar, vista retrolateral. Barras de escala: MEBs: 0.01 mm, pedipalpos expandidos: 0.2 mm.

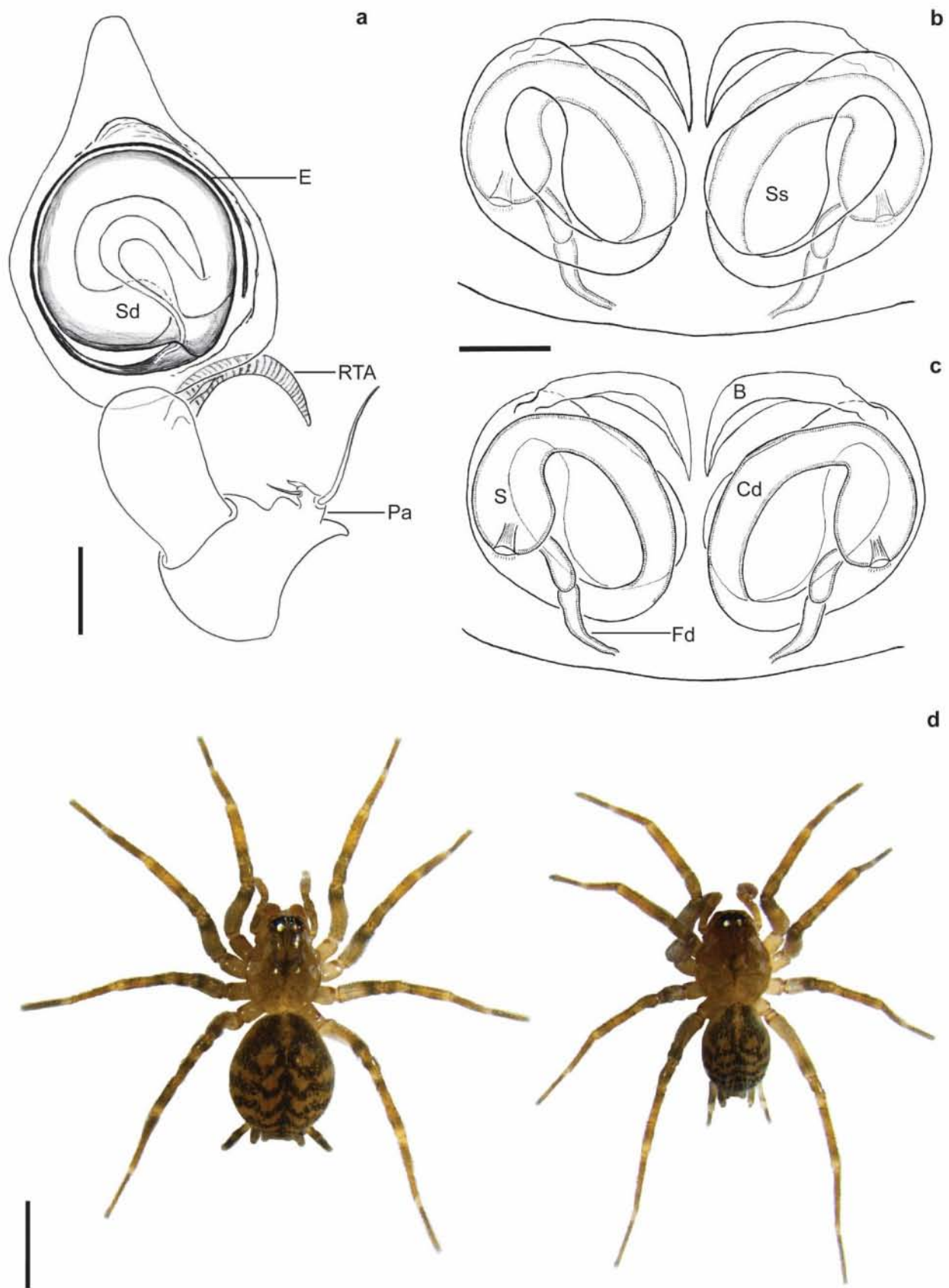


Fig. 31. *Neoantistea* sp02. Ilustraciones de la genitalia y habitus. a) Pedipalpo ventral, b) Epigino ventral, c) Epigino dorsal, d) Habitus dorsal de especímenes vivos (♀ y ♂). Barras de escala: Ilustraciones: 0.1 mm, habitus: 1 mm.



Fig. 32. *Neoantistea* sp02. Habitus de especímenes vivos. a) Macho, b) Macho sobre su red, c) Hembra sobre su red, d) Hembra. Barras de escala: 1 mm.

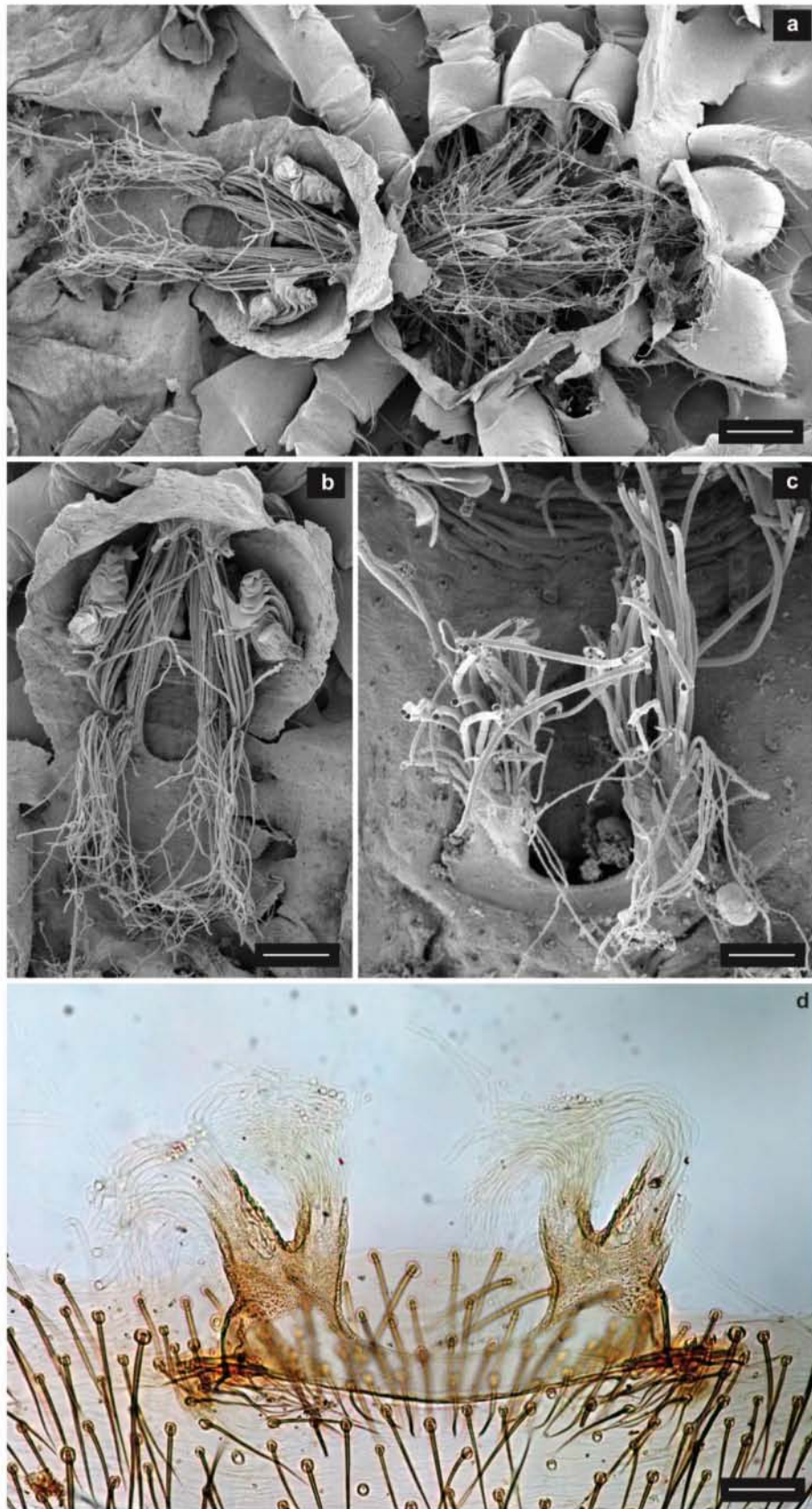


Fig. 33. Morfología del sistema respiratorio. a) Sistema traqueal y pulmonar de *Neoantistea* sp02, vista dorsal, b) Mismo que anterior enfocando la región abdominal, c) Sistema traqueal de *Hahnia* sp01, vista dorsal, d) Espiráculo traqueal aclarado de *Neoantistea* sp01, vista dorsal. Barras de escala: Tráqueas de *N.* sp02 y *N.* sp01: 0.1 mm, tráqueas de *H.* sp01: 0.01 mm.

Historia natural. *Neoantistea* sp02 habita en bosques de encino principalmente en la hojarasca (bajo la capa superficial) cercana a la base de los árboles donde se acumula mayor cantidad de materia orgánica. Bajo condiciones de laboratorio todos los individuos de *N.* sp02, sin importar el estado de desarrollo o sexo, construyeron redes sobre la superficie del sustrato en donde se encontraban. Estructuralmente, la red está constituida de una capa superior formada por hilos paralelos desigualmente espaciados que funcionan como trampa principal, una capa media situada en uno de los extremos formada de pocas líneas de seda ligeramente inclinadas que se conectan a una capa inferior que está integrada por una lámina delgada de tamaño irregular que presenta de una a tres aberturas usadas por la araña para refugiarse cuando se produce perturbación en la red. En algunos casos la capa inferior presenta un “refugio” que se encuentra constituido por una pequeña red de forma elipsoidal con una longitud aproximada al tamaño total de la araña (2-3 mm). El ancho y longitud de la trampa principal así como de la lámina inferior depende de las estructuras de soporte que la araña encuentra para construir la red. La trampa principal se adhiere firmemente a las estructuras de soporte y está interconectada por escasas líneas de seda que no presentan alguna propiedad pegajosa. La lámina inferior, la cual está formada de hilos de seda estrechamente tejidos se encuentra en contacto directo con la trampa principal por medio de líneas que constituyen la capa media, ésta última funciona como un camino por donde la araña se puede mover libremente hacia la parte superior e inferior de la red.

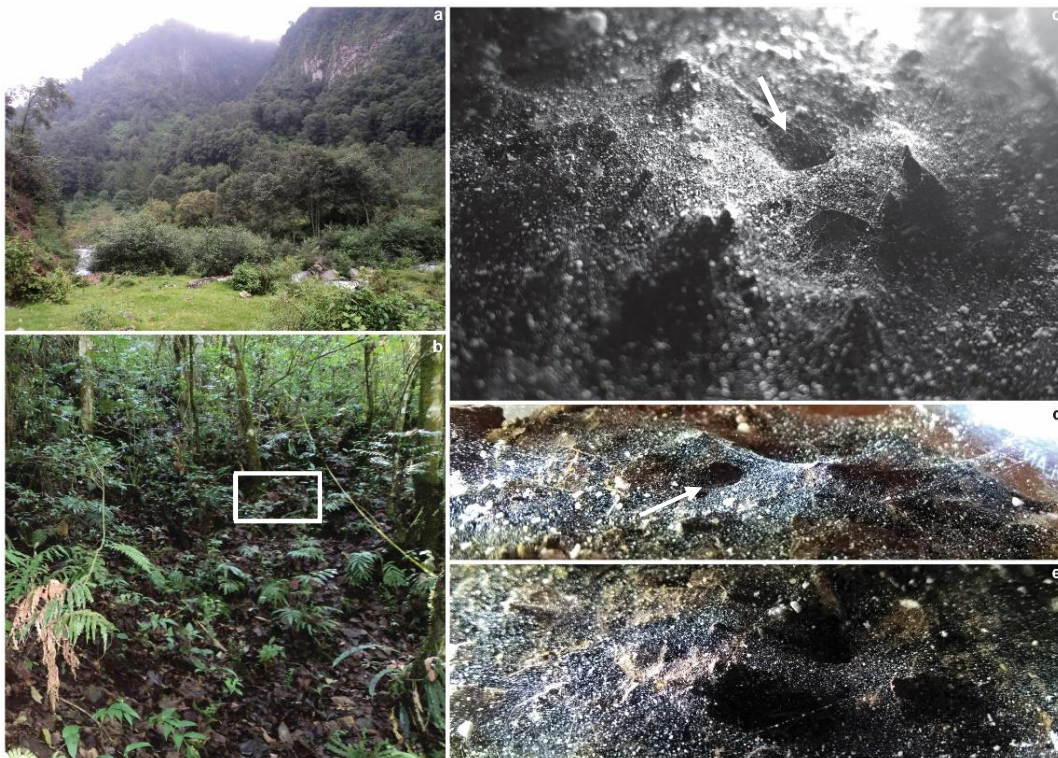


Fig. 34, página anterior. Historia natural de *N. sp02*. a) Bosque de encino en la comunidad de Atotonilco, b) Microhábitat compuesto de hojarasca, el cuadro indica la zona donde se encontraron los especímenes de *N. sp02*, c) Acercamiento de la lámina inferior, la flecha indica la abertura que la araña usa para refugiarse, d), e), Vista general de la lámina inferior. Fotografías: a, b. Cortesía de Ali Zeltzin Lira Olguín.

Comportamiento sexual y reproducción. Se realizaron varios intentos de apareamiento entre los dos machos y las siete hembras colectadas, sin embargo, ninguno tuvo éxito. El único individuo juvenil colectado presentó su última muda después de 28 días de cautiverio del cual surgió una hembra con la que uno de los machos pudo aparearse después de cinco días de dicho evento. El cortejo del macho consistió de tres exhibiciones básicas: 1) quimioexploración, 2) señalización acústica, y 3) estímulo táctil que prosigue a la cópula, indicando un nivel dos en Foelix (2011). En la exhibición pre-cortejo (fase de búsqueda) el macho camina alrededor del sustrato hasta entrar en contacto con la red de la hembra, en la que exhibe la quimioexploración. En esta fase el macho mueve los pedipalpos verticalmente produciendo un contacto con la parte apical de los mismos en contra de la red. Este comportamiento duró alrededor de diez segundos y probablemente sea usado para detectar feromonas liberadas por la hembra después de su última muda. Posterior a la quimioexploración continúa la señalización acústica. En este comportamiento el macho se acerca a la hembra mediante señales acústicas (vibración y estridulación) al tocar la red con los pedipalpos y las patas en un patrón específico: 1) con las patas I (izquierda) y II (derecha) flexionadas hacia el cuerpo comienza a producir vibraciones en la red 2) seguido de un movimiento constante y vertical del abdomen y 3) una vibración continua de los pedipalpos. Los periodos de actividad se intercalaron con periodos de reposo de aprox. 10 segundos. Posterior al descanso realiza los movimientos antes mencionados intercambiando a las patas I (derecha) y II (izquierda). Por alrededor de 35 minutos mantuvo este comportamiento acompañado de movimientos circulares alrededor de la hembra mientras producía un capa de hilos muy delgados. Durante el estímulo táctil el macho se aproxima a la hembra con el primer par de patas levantado acompañado de golpeteos generados por los pedipalpos (1-2 golpes/s) además de incluir la estridulación producida por movimientos verticales y laterales del abdomen. La hembra responde alzando el primer par de patas y moviendo verticalmente el abdomen con lo que entran en contacto por aprox. cinco segundos. Finalmente durante la cópula, la hembra permaneció quieta mientras el macho se colocó a un lado de ella sujetando su abdomen con los dos primeros pares de patas, insertando el palpo dos veces en un lado y cambiando al lado contrario donde realizó otras dos inserciones. Ésta última etapa tuvo una duración de 48 minutos y se presenció durante condiciones de oscuridad (1:32 am) bajo luz roja.

Morfología de los órganos estridulatorios

Las nuevas especies *N. sp01* y *N. sp02* presentan órganos estridulatorios simples (véase Jocqué, 2005), usados probablemente en la comunicación intraespecífica durante el reconocimiento de especies y como defensa en contra de depredadores (Herberstein *et al.* 2011). Todos los adultos (♂ y ♀) y estados juveniles colectados poseen estas estructuras (Fig. 35). Estos se ubican en la región posterior del cefalotórax como un área rugosa con modificaciones cuticulares y en la región anterior del abdomen como dos grupos de macrosedas modificadas (Fig. 35a, b, c). En *N. sp01* el “*campo*” o “*file*” está compuesto por dos grupos de 22 a 27 macrosedas alargadas y aplanadas que presentan de 3 a 4 surcos longitudinales (Fig. 35h). Para el caso de *N. sp02* el número de macrosedas se reduce de 14 a 16 por grupo, son ligeramente más cortas y más anchas y tienen de 4 a 5 surcos longitudinales (Fig. 35i). En ambas especies, ambos grupos de macrosedas están separados por un par sedas filiformes dirigidas anteriormente y cuya función probablemente sea la de mecanorrecepción al emitir o recibir señales vibratorias (Fig. 35a, c). La disposición de las macrosedas se observa una seguida de la otra originándose a partir de la región media y orientándose hacia la región donde se encuentra el pedicelo.

La posición relativa de este “*campo*” está relacionada con su contraparte (*scraper*), la cual está situada sobre el margen posterior del cefalotórax como una elevación de la cutícula que rodea parcialmente al pedicelo y que está compuesta de un área rugosa provista de pliegues y pequeños lóbulos (Fig. 35f, g). Estos lóbulos forman líneas discontinuas que se extienden de un extremo a otro de dicha área concentrándose más hacia el margen posterior del caparazón (Fig. 35d, e). La disposición espacial de ambas estructuras (*file* y *scraper*), sugiere que el movimiento para la producción de vibraciones es vertical en donde la región abdominal presenta desplazamientos continuos de arriba a abajo y viceversa, promoviendo el roce de los lóbulos del caparazón con los surcos y relieves de las macrosedas (Fig. 35a).

Durante la observación de especímenes de *Neoantistea sp02* se documentaron cinco eventos distintos en donde las arañas utilizaron estos órganos para estridular: 1) interacción hembra-juvenil (H-J), 2) interacción hembra-hembra (H-H), 3) interacción macho-hembra (M-H), 4) interacción macho-juvenil (M-J), 5) interacción macho-macho (M-M). En ninguno se registró un comportamiento agresivo entre los individuos, es decir, se observó tolerancia de ambos especímenes (debido a posibles patrones específicos de vibración en la red o liberación de feromonas) sin presentar una conducta típica de ataque.

Las interacciones abarcaron entre uno y tres minutos ($1:91 \pm 0:23$) excepto en M-H en donde se observó una comunicación continua por parte del macho a lo largo del cortejo (véase sección anterior). En todos los casos los individuos se mantenían en la misma red alejados por una distancia de aprox. 2 cm por un tiempo aproximado de 20 minutos. Posteriormente el individuo que había sido “*introducido*” se alejaba y construía su propia red. No se observó un comportamiento de cooperación o mutualista en la alimentación a pesar de estar en la misma red, sin embargo, en tres de las cinco interacciones se observó una disputa por la misma presa (*Drosophila melanogaster*). En las interacciones H-J y M-J cada individuo capturaba su propia presa y se alimentaba de manera independiente. Durante la observación de ambos machos se registró una conducta territorial caracterizada por la elevación del primer par de patas acompañado de golpeteos producidos con este mismo sobre la red (Cuadro 2).

Cuadro 2. Uso de los órganos estridulatorios bajo distintas interacciones de especímenes de *Neoantistea* sp02. Ver texto para significado de abreviaciones.

Interacción	H-J	H-H	M-H	M-J	M-M
Comportamiento	No agresivo	No agresivo	El macho iniciaba el cortejo al entrar en contacto con la red de la hembra	No agresivo	Territorial
Tiempo de Interacción (min)	1:02	2:20	83	1:05	2:50
Observaciones durante la alimentación	La hembra capturaba primero a la presa	Disputa por la presa	Disputa por la presa	El juvenil capturaba primero a la presa	Disputa por la presa

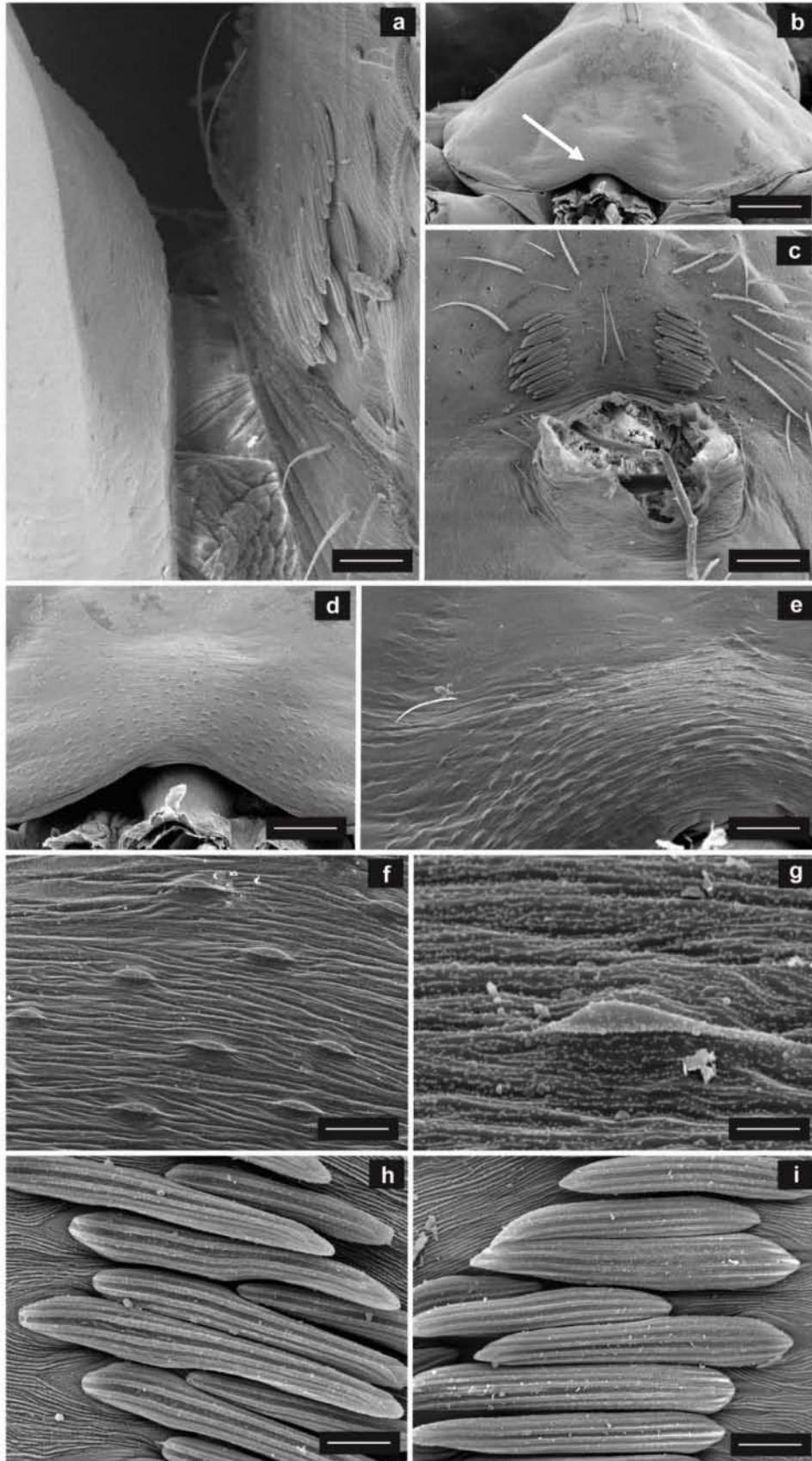


Fig. 35. Morfología de los órganos estridulatorios. a) Posición relativa del "scrape" y el "file" de *Neoantistea* sp01, vista lateral, b) Prosoma posterior de *N. sp01*, la flecha indica el Sf c) Posición relativa del "file" en *Neoantistea* sp02, vista anterior, d) "Scrape" de *N. sp01*, e) "Scrape" de *N. sp02*, f) Lóbulos del "scrape", g) Detalle de un lóbulo, h) Macrosetas del "file" de *N. sp01*, i) mismo que anterior pero *N. sp02*. Barras de escala: b y c: 0.1 mm, a, d, e, f, h, i: 0.01 mm, g: 0.001 mm.

Estimación de diversidad y comparación entre cuadrantes

Para los cuadrantes estudiados en la región de Atotonilco se obtuvieron un total de 807 muestras de las cuales se recolectaron 10, 390 arañas adultas que se incluyen en 29 familias de Araneomorphae (Apéndice I). Se colectaron en total 1, 131 adultos de la familia Hahniidae en 311 muestras, representando un 10.7% del total del inventario siendo la cuarta familia más abundante después de Linyphiidae (2, 641 adultos), Theridiidae (2, 225 adultos) y Araneidae (1, 319 adultos). Se registraron dos géneros, (*Neoantistea* y *Hahnia*) capturándose dos especies para el primero y solo una para el segundo. La especie más abundante fue *Hahnia* sp. con 976 adultos conformando un 86.29% de individuos colectados para la familia, seguida de *Neoantistea* sp02 con 138 (12.2% de especímenes) y *Neoantistea* sp01 con 17, aportando solamente 1.5% al total colectado (Apéndice II). La proporción de sexos para las tres especies presenta un sesgo hacia el sexo femenino, donde se encontró que un 71.08% son hembras y un 28.91% son machos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Proporción de sexos para las tres especies colectadas. Se indica el número de individuos por sexo por especie y su porcentaje

Especie	Hembras	% Hembras	Machos	% Machos	Adultos
<i>Hahnia</i> sp.	703	72.02	273	28.1	976
<i>Neoantistea</i> sp02	89	64.50	49	35.50	138
<i>Neoantistea</i> sp01	12	70.50	5	29.40	17
Total	804	71.08	327	28.91	

Los análisis de diversidad indican que se colectó el 100% de las especies que se encuentran en la localidad de estudio. Las curvas de acumulación de especies llegan a la asíntota al alcanzar tres especies y las curvas de singletons y doubletons se intersectan indicando que el inventario está completo (Fig. 36). La comparación de los cuadrantes I y II mediante los índices de Chao-Jaccard y Chao-Sorensen indican que son similares en un 95.6% y un 97.7%. La riqueza observada para el cuadrante I es de tres especies mientras que para el cuadrante II es de dos especies. Entre los dos cuadrantes se comparten dos de las especies (fig. 37).

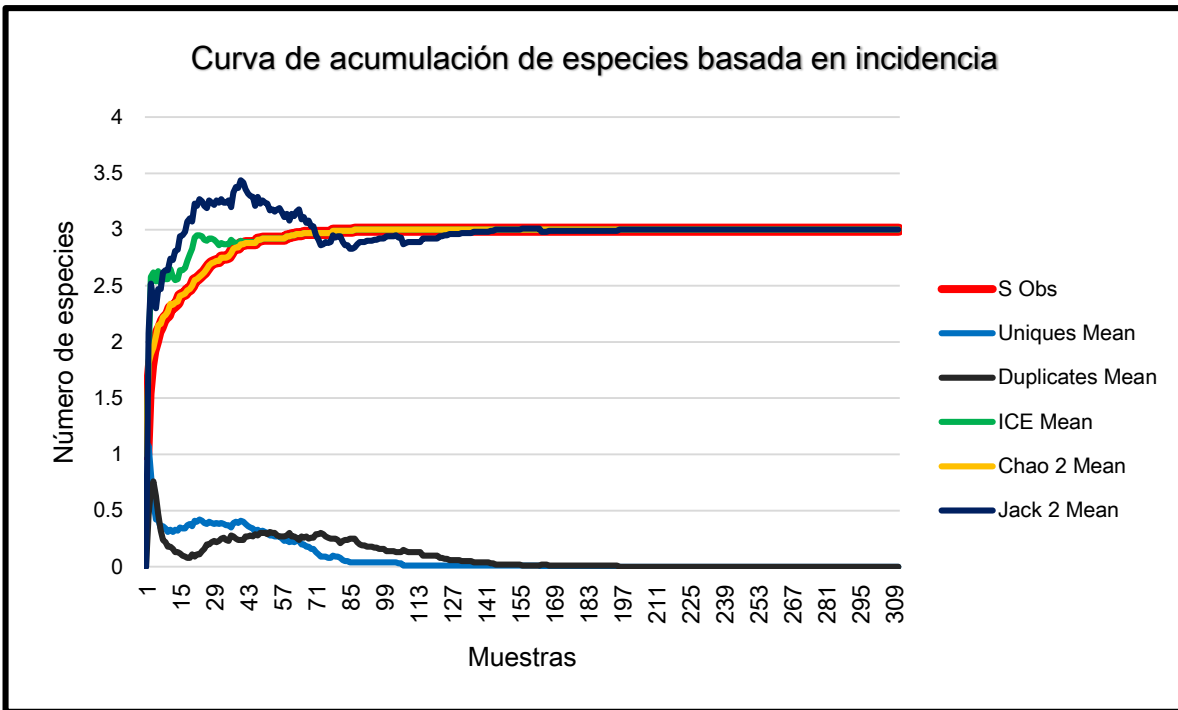
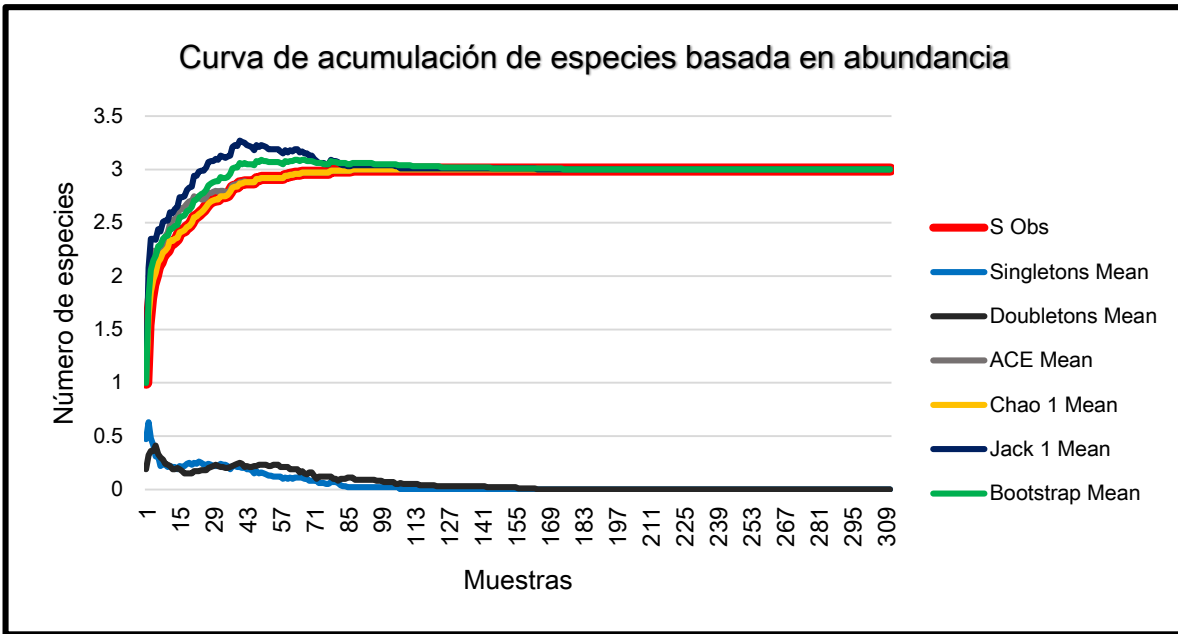


Fig. 36. Curvas de estimación de especies usando a) estimadores de abundancia y b) estimadores de incidencia, (Sobs) Especies observadas.

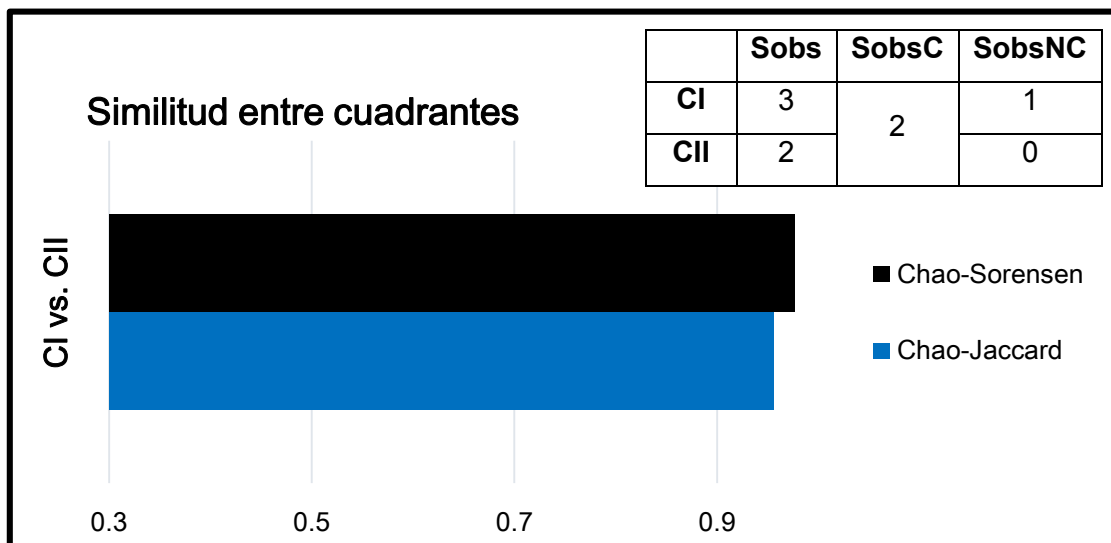


Fig. 37. Comparación de la composición de especies entre cuadrantes. Sobs= riqueza observada, SobsC=riqueza observada compartida, SobsNC=riqueza observada no compartida.

A pesar de que ambos cuadrantes son similares entre sí, se encontraron diferencias en la composición y abundancia de las especies. Por ejemplo, *Neoantistea* sp01 solo fue recolectada en el cuadrante I y *Hahnia* sp. fue capturada en ambos cuadrantes. Para ésta última, la abundancia encontrada entre los dos cuadrantes muestran que hubo una diferencia de 356 individuos estando mejor representada en el cuadrante II; de manera similar ocurrió en el caso de *Neoantistea* sp02 con una diferencia de 20 individuos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Composición y abundancia de especies para los dos cuadrantes de Atotonilco

Especie	CI	CII
<i>Hahnia</i> sp.	310	666
<i>Neoantistea</i> sp01	17	0
<i>Neoantistea</i> sp02	59	79
Total	386	745

La variación estacional de la composición de especies también fue observada mediante los índices de Chao-Jaccard y Chao-Sorensen, estos indican que para el cuadrante I los meses más similares son octubre-febrero compartiendo tres especies y teniendo un 100% de similitud, los meses mayo-febrero presentan entre el 98 y 100%, mientras que los meses de mayo-octubre son los más diferentes entre sí con un 85 y 92%. Para el caso del cuadrante II los tres meses resultan ser similares en un 100% compartiendo dos de las tres especies. A pesar de que el porcentaje de similitud estacional es muy alto,

se encontraron diferencias en las abundancias relativas de cada especie, teniendo que de mayo a febrero el número de individuos para *Hahnia* sp. incrementó de 178 a 542, para *Neoantistea* sp01 disminuyó de octubre (15 individuos) a febrero (2 individuos) y de manera similar ocurrió para *Neoantistea* sp02 en donde la abundancia disminuyó de mayo (51 individuos) a febrero (42 individuos) (fig. 38). De igual forma, se encontraron diferencias en la abundancia relativa de cada sexo dentro de las tres especies. Para *Hahnia* sp., las hembras presentaron un aumento en el número de individuos de mayo a febrero, mientras que los machos mantuvieron la misma abundancia durante mayo-octubre y solo aumentó hasta el mes de febrero (fig. 39a). Las hembras y machos de *Neoantistea* sp01 mostraron el mismo comportamiento al disminuir su abundancia de octubre a febrero, sin embargo, los individuos de ambos sexos variaron de 11 a 4 en el mes de octubre y se mantuvieron con un solo individuo para el mes de febrero (fig. 39b). Finalmente *Neoantistea* sp02 mostró un patrón muy distinto entre sexos, donde las hembras presentaron un aumento de abundancia de mayo a octubre y la disminuyeron hacia el mes de febrero, mientras que en los machos el número de individuos decreció de mayo a octubre y aumentó nuevamente hacia febrero (fig. 39c). De manera general, al contabilizar el número total de individuos de las tres especies se observa un incremento de mayo (229 individuos) a febrero (586 individuos).

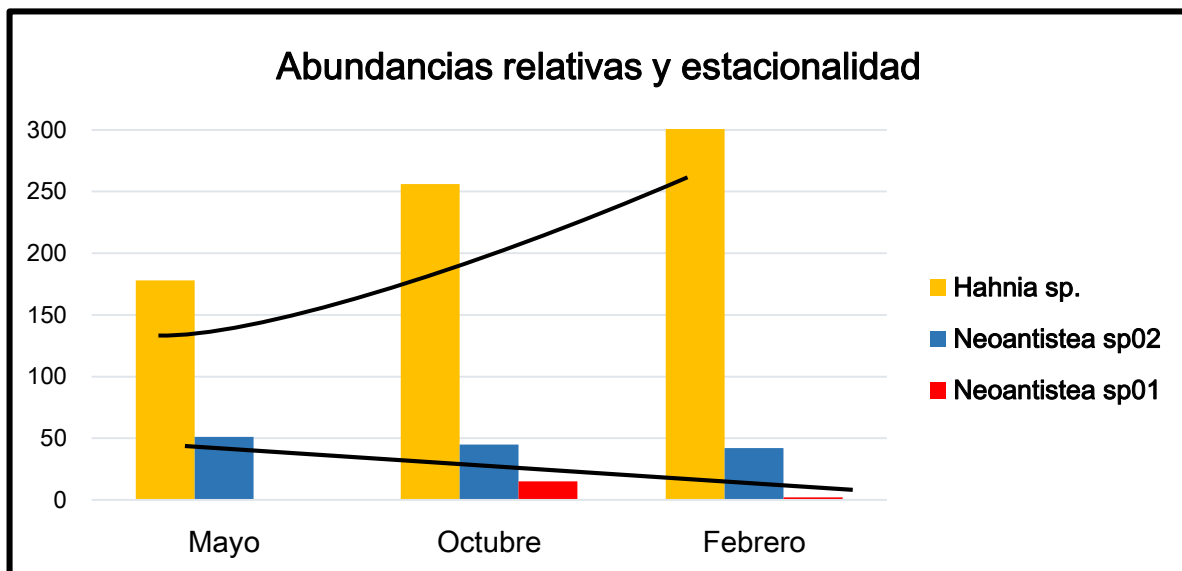


Fig. 38. Abundancia relativa de cada especie durante las fechas de colecta. Las líneas negras indican la dirección hacia la que se mueven las abundancias.

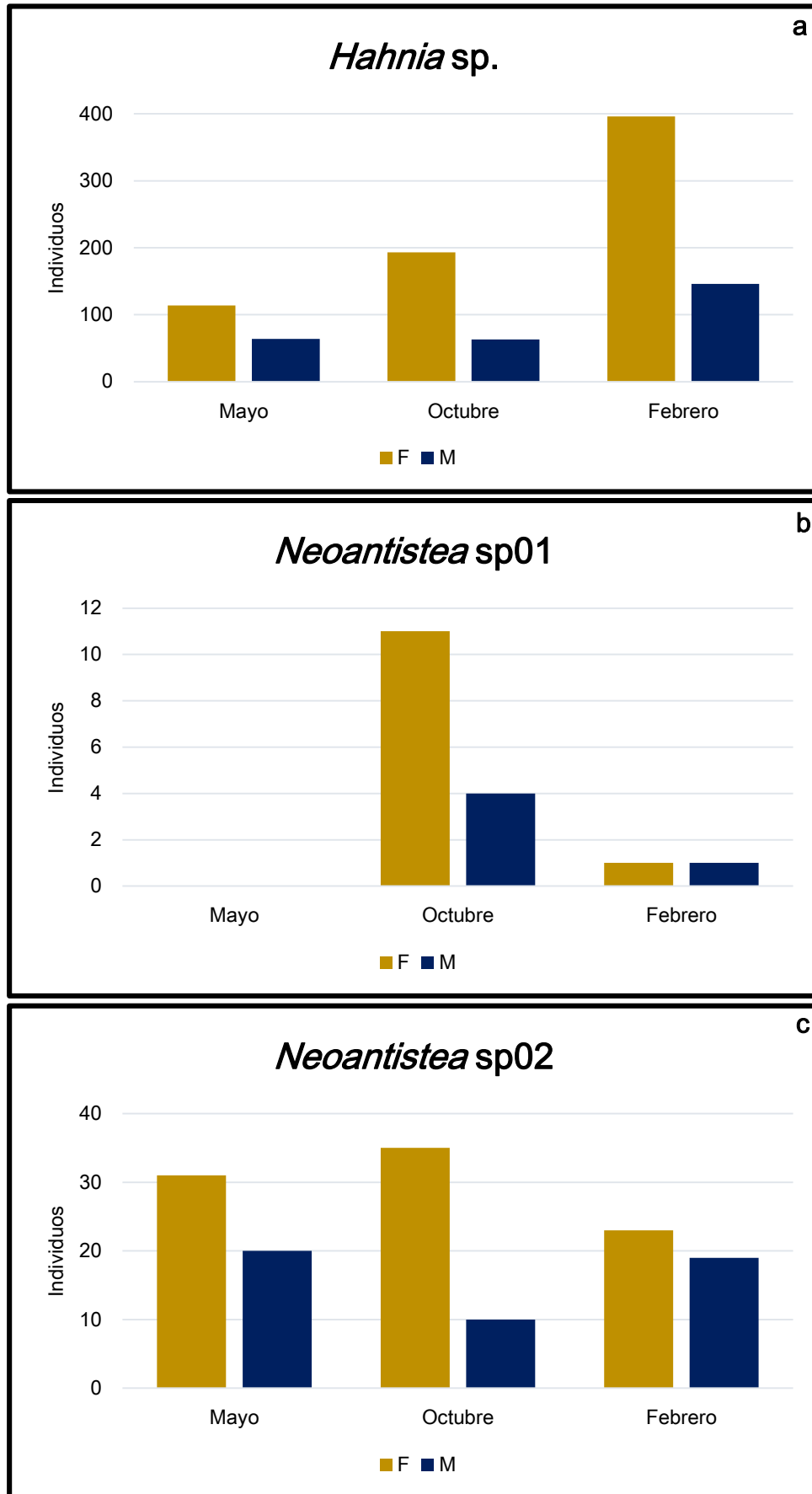


Fig. 39. Abundancia relativa de cada sexo durante las fechas de colecta. a) *Hahnia sp.*, b) *Neoantistea sp01*, c) *Neoantistea sp02*.

DISCUSIÓN

Diversidad de la familia Hahniidae en México

Este trabajo representa el primer inventario faunístico de la familia Hahniidae en bosques de *Quercus* para el país. Siguiendo protocolos estandarizados (Coddington *et al.* 1991) se aplicaron diversos métodos de muestreo que permitieron conocer y documentar la composición de especies, abarcando todos los microhábitats disponibles evitando el menor sesgo metodológico posible. La aplicación de estos métodos nos permite conocer la diversidad alfa de un sitio y hacer comparaciones entre distintos biomas, lo que nos brinda la oportunidad de establecer hipótesis de los patrones biogeográficos que presentan las especies y los posibles factores que intervienen en éstos, además de conocer otros aspectos referentes a la ecología de estos organismos como las relaciones tróficas dentro de un microhábitat determinado.

Al comparar la diversidad y abundancia de especies encontradas para la familia Hahniidae con respecto a otros trabajos realizados con los mismos métodos y en ecosistemas similares, el presente estudio registró la mayor diversidad y abundancia con tres especies incluidas en dos géneros (*Hahnia* y *Neoantistea*). Estudios realizados en regiones templadas muestran que la diversidad y abundancia de la familia oscila entre una y tres especies siendo *Hahnia* el género más diverso y con abundancias que rondan entre 21 y 976 individuos (Cuadro 5).

Autor	País	Individuos	Especies
Koponen (1996)	Finlandia	21	<i>H. pusilla</i>
Cardoso et al. (2008a)	Portugal	7	<i>H. candida</i>
		1	<i>H. montana</i>
Cardoso <i>et al.</i> (2008b)	Portugal	2	<i>H. candida</i>
Coddington y Coyle (1996)	E. U. A.	4	<i>Neoantistea agilis</i>
Zheng <i>et al.</i> (2009)	China	124	NI
Gómez-Rodríguez y Salazar-olivo (2012)*	México	1	<i>Neoantistea</i> sp.
Galán-Sánchez (2016)	México	976	<i>Hahnia</i> sp.
		17	<i>N.</i> sp01
		138	<i>N.</i> sp02

Cuadro 5. Estudios faunísticos que reportan a Hahniidae en regiones templadas. *Este trabajo carece de una metodología estandarizada de colecta lo que hace difícil su comparación con los estudios aquí mencionados.

Para ecosistemas con vegetación tropical solo se han realizado dos estudios, Sorensen *et al.* (2002) en Tanzania registró cuatro especies de *Hahnia* y Rivera-Quiroz *et al.* (2016) en México colectó una sola especie del mismo género.

A pesar de que en los estudios antes mencionados se aplicaron métodos de colecta estandarizados, se observa que existe una tendencia en mantener un número de especies colectadas por debajo de tres, lo que nos estaría indicando que la diversidad de esta familia se restringe a dos posibles escenarios: I) los microhábitats en los cuales están presentes estas arañas son inaccesibles a los métodos estandarizados y el esfuerzo de muestreo y elección adecuada de ciertos métodos que permitan la colecta eficaz de estos organismos influye en la baja presencia de especies y II) factores biológicos como la baja dispersión terrestre y aérea de las especies encontradas, distribuciones restringidas, preferencia a determinadas condiciones microambientales o afinidad a un tipo de vegetación, estén promoviendo la especiación a una escala más restringida y por ende el número de especies se vea disminuido si comparamos con otras familias de arañas.

Bajo la premisa del primer escenario estaríamos considerando que la diversidad de la familia está sujeta a variables que pueden ser modificadas en beneficio de una mejor evaluación, si se toman en cuenta aspectos como la hora de colecta, la experiencia del colector o el método de colecta adecuado (Cardoso *et al.* 2008a, b). Sin embargo, la comparación de los métodos utilizados en el presente estudio con los mencionados anteriormente, no muestra diferencia significativa que de evidencia de posibles factores que impidan la colecta de un mayor número de especies. Cabe mencionar que algunos de estos estudios utilizaron métodos de colecta adicionales a los del presente trabajo y pusieron a prueba la importancia de ciertos factores como las condiciones climáticas, la hora de colecta y la experiencia del colector con respecto a la diversidad, abundancia y composición de las muestras (Coddington y Coyle, 1996; Sorensen *et al.* 2002; Cardoso *et al.* 2008a, b).

Si consideramos que la diversidad mundial de la familia (cerca del 60% de los géneros conocidos) se concentra en las regiones templadas del planeta y que los mayores puntos de diversificación de especies se ubican en la región Neártica con nueve géneros y aproximadamente 68 especies, el Sureste Asiático con siete géneros y cerca de 42 especies y Europa con seis géneros y aproximadamente 20 especies, las cuales se componen en su mayoría por ecosistemas dominados por bosques de pino y encino, estaríamos dando evidencia acerca de la posible afinidad a este tipo de vegetación (World Spider Catalog, 2015). El patrón de distribución que siguen las especies de esta familia corresponde en gran parte a la distribución que presentan los bosques de encino a nivel

mundial con una coincidencia del 52% de las especies conocidas distribuidas en las mismas regiones que el género *Quercus*. Los encinares alcanzan su mayor abundancia y diversidad en Mesoamérica, particularmente el sureste de México, Europa y el Sureste Asiático, específicamente en la provincia de Yunnan, China (Valencia, 2004), lo que podría establecer una posible relación entre este grupo de arañas y los ecosistemas compuestos por este género de encino (Fig. 40). El grupo que comprende al género *Quercus* y sus relativos más cercanos tiene un origen que data del Paleogeno hace 35-32 millones de años, que coincide con el registro fósil para las especies de Hahniidae, hace aproximadamente 55 y 30 millones de años (The Oaks of Chevithorne Barton, 2011; Dunlop, *et al.* 2015). Por lo anterior, es muy probable que la radiación y especiación de esta familia se vea ligada con la diversificación y radiación del género *Quercus*, debido a que en su origen esas comunidades arbóreas representaron un nuevo ecosistema que podía albergar ciertas condiciones que favorecieron la disponibilidad de nichos para estas arañas.

En los últimos cinco años se ha descrito aproximadamente un tercio de la diversidad conocida para el Sureste Asiático y en su mayoría las especies han sido descubiertas en la región de Yunnan (World Spider Catalog, 2015), por lo que no es de sorprender que para México, una gran cantidad de especies nuevas y muy probablemente géneros puedan ser encontrados tomando en cuenta que es el país más diverso en especies del género *Quercus*.

La diversidad de Hahniidae en México se encuentra representada por 14 especies incluidas en tres géneros y dos subfamilias. De estas especies, 11 se encuentran distribuidas en la región sureste del país, entre la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico, donde un mayor número de especies de *Quercus* se distribuyen (Opell y Beatty, 1976; Valencia, 2004). Sin embargo, la distribución y diversidad de encinos no se restringe a esta región del país, lo que hace probable que la diversidad de hahniidos en México pueda ser más amplia de lo que actualmente se conoce.

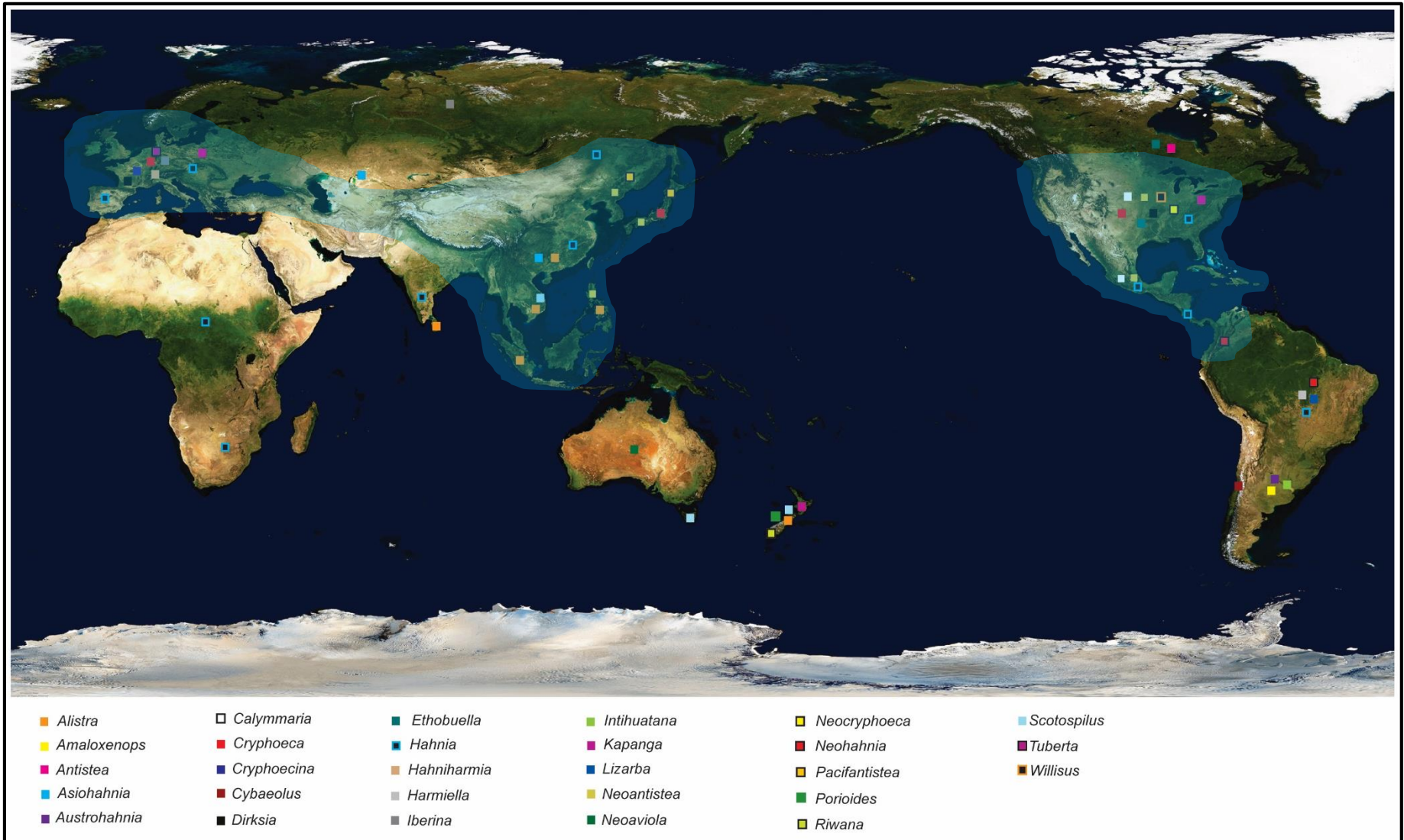


Fig. 40. Distribución mundial de la familia Hahniidae. La mayor diversidad se encuentra en Norte América, Europa y el Sureste asiático (en el mapa se encuentra representada por los 28 géneros que se conocen actualmente). Las regiones sombreadas representan la distribución del género *Quercus*.

Estimaciones de riqueza y aspectos ecológicos de las especies

Las estimaciones de riqueza indican que se recolectó el 100% de fauna de arañas de la familia Hahniidae que conforman este inventario. Las curvas de acumulación de especies llegaron a la asíntota al alcanzar tres especies y las curvas de *singletons* y *doubletons* y de *uniques* y *duplicates* se intersectaron indicando que el inventario está completo. La relación que existe entre las curvas de estas especies raras permite dar una aproximación visual a la asíntota cuando éstas se intersectan ya que los *singletons/uniques* suman especies a la curva de riqueza observada, mientras que los *doubletons/duplicates* restan valores a los primeros. Cuando el número de *doubletons/duplicates* es mayor a los *singletons/uniques* ya no se añaden especies y la curva de riqueza observada iguala a la de especies estimadas. Las tres especies colectadas en este inventario presentaron abundancias mayores a dos individuos representadas en más de dos muestras, por lo que el comportamiento de los estimadores tiende a una asíntota a partir de la muestra 71 en los estimadores de abundancia y 127 en los de incidencia (Fig. 36). Cabe destacar que el resultado de las estimaciones del presente estudio es mayor si comparamos con otros estudios aplicados a familias más diversas como Anyphaenidae, Araneidae, Corinnidae, Salticidae y Theridiidae, donde los estimadores arrojan un porcentaje que oscila entre el 58 y 95% de especies colectadas (Salgueiro-Sepúlveda, 2014; Servín-Pastor, 2015; Garcilazo-Cruz, 2015; Rivera-Quiroz, 2015). Esto no es de sorprender debido a que los estimadores están diseñados para trabajar con grupos más diversos, proporcionando información acerca del número de especies, número de muestras o esfuerzo de muestreo que falta por realizar en un área delimitada para conocer la diversidad real de un grupo determinado.

La diversidad de Hahniidae en este trabajo estuvo representada por tres especies colocándose como una de las familias con menor diversidad en todo el inventario, sin embargo al contabilizar el número de individuos colectados se observa que Hahniidae se encuentra entre las familias más abundantes solo después de Linyphiidae, Theridiidae y Araneidae con 1, 131 individuos adultos. La abundancia relativa que se registró en dos hectáreas de bosque de encino para estas familias puede deberse a diversos factores biológicos como el ciclo de vida o preferencia a determinadas condiciones microclimáticas y cuestiones ecológicas como estrategias tróficas y disponibilidad de nichos. Es importante mencionar que estas familias son un componente importante dentro de este tipo de ecosistemas debido al control poblacional que pueden tener sobre otros grupos de artrópodos de los cuales se alimentan. A diferencia de Linyphiidae, Theridiidae y Araneidae

que construyen redes para la captura de presas y tienden, en algunas especies, a una especialización en la alimentación volviéndose estenofágica (se alimentan de ciertos grupos como dípteros, lepidópteros u otros grupos de arañas), la familia Hahniidae tiende a ser un grupo más generalista que se puede alimentar de una gran variedad de pequeños artrópodos que forman parte de la fauna del suelo, lo que resulta de gran importancia a nivel ecosistémico debido a que se mantiene un equilibrio entre las cadenas tróficas edáficas de estos sitios y nos provee una evidencia acerca de la abundancia que presenta esta familia.

En este estudio la especie que presentó una mayor abundancia fue *Hahnia* sp. (976 individuos). Este número tan alto de individuos puede ser explicado si consideramos que en su mayoría los especímenes fueron colectados en hábitats crípticos (*Cryptic* y *Embudo de Berlese*), encontrándose principalmente por debajo de la hojarasca donde las condiciones microambientales promueven la generación de recursos para mantener esta densidad poblacional. Debido a la presencia de numerosas comunidades que interactúan en este nicho ecológico, podemos establecer la existencia de una estrecha relación entre esta comunidad de arañas y la comunidad detritívora de este ecosistema (enfocándose principalmente a diversos grupos de Collembola que también fueron colectados en altas densidades en estos mismos inventarios), que por un lado se ve limitada por las densidades poblacionales de sus presas y por otro presenta la capacidad de controlar la abundancia de estos organismos mediante la depredación, lo que finalmente puede tener efectos directos en la cadena trófica al retardar los efectos de los procesos de descomposición y reciclaje de nutrientes. Evidencia adicional que soporta esta posible relación ecológica son las adaptaciones morfológicas que presenta esta especie para vivir en este nicho: el tamaño reducido, la pérdida de los AME y un sistema traqueal altamente ramificado que permite la oxigenación más efectiva y rápida a lo largo del cuerpo.

Sin embargo, las condiciones antes mencionadas parecen ser distintas en los dos cuadrantes estudiados en este trabajo, ya que la diversidad y abundancia de cada especie difiere considerablemente si observamos un cuadrante y otro. De manera general el cuadrante I presentó mayor diversidad (tres especies) que el cuadrante II, sin embargo la mayor abundancia estuvo presente en este último al tener 745 individuos contra 386 del primero. Esta notable diferencia puede deberse a factores biológicos y ecológicos que en un cuadrante promueven la especiación y en otro generan las condiciones óptimas necesarias para que exista un incremento en las poblaciones de arañas. Cabe destacar que la especie *Neoantistea* sp01 representó un caso muy particular en este trabajo debido al

bajo número de individuos y presencia en un solo cuadrante, lo que nos estaría indicando que existen especies que se restringen a ciertos parámetros ambientales como microhábitats con temperatura y humedad específicas y complejos aspectos biológicos que incluyen el ciclo reproductivo, tipo de alimentación o baja dispersión terrestre y aérea. Los ejemplos antes mencionados representan extremos de afinidad a ciertas condiciones dentro de un ecosistema, sin embargo la especie *Neoantistea* sp02 se encontró en ambos cuadrantes con abundancias relativamente similares, es decir, las poblaciones de esta especie presentan una mayor plasticidad a los ambientes en donde se encuentran promoviendo su rápida adaptación a las condiciones que tienen los hábitats donde viven.

En un bosque templado, las distribuciones verticales y horizontales de la vegetación determinan la distribución y variación de condiciones microclimáticas, la disponibilidad de recursos y la formación de nichos, que finalmente ya sea de manera directa o indirecta determinan la diversidad y abundancia de sus comunidades a distintos niveles tróficos. Estas condiciones microclimáticas tienden a ser más estables en zonas bajas como el suelo, es decir, factores como la temperatura y humedad son más constantes y presentan una variación mínima en estos sitios a pesar del cambio estacional, que en muchas ocasiones pueden reflejar cambios temporales en la estructura de una comunidad de arañas en estratos más altos como el sotobosque o el dosel de la vegetación más alta donde estas variables pueden fluctuar con mayor rapidez debido a las condiciones en las que se encuentran. Esta estabilidad en el estrato edáfico permite a las poblaciones de estas arañas mantenerse durante un mayor tiempo, generando que el número de individuos incremente y permitiendo en algunos casos la existencia de un traslape de generaciones gracias a la disponibilidad de recursos. Un ejemplo de esto puede ser representado por las especies colectadas en este trabajo. A pesar de presentar altos porcentajes de similitud estacional y una mínima variación en cuanto a la composición de especies, las tres especies presentaron claras diferencias en sus abundancias relativas. Estas pueden ser explicadas por los factores antes mencionados y nos permiten hacer una aproximación acerca de algunos aspectos sobre su fenología.

En el presente estudio, *Hahnia* sp. presentó un incremento en el número de individuos de mayo a febrero, observándose más pronunciado en las hembras que duplicaron su tamaño poblacional al transcurrir los meses, a diferencia de los machos que mantuvieron su población más estable y solo aumentó ligeramente hacia el mes de febrero. La presencia de un mayor número de especímenes adultos en febrero podría indicar que la época de reproducción es durante el invierno, disminuyendo gradualmente hacia la época

de primavera y nuevamente aumentando hacia la época de otoño. Es probable que la mayor población de individuos juveniles se encuentre a inicios de la primavera y finales del verano cuando las condiciones ambientales y ecológicas se vuelven óptimas para su desarrollo.

El comportamiento en las poblaciones de esta especie puede deberse a dos posibles factores: 1) dentro de estos ecosistemas, específicamente en hábitats como la hojarasca, la disponibilidad de recursos (alimento) es constante a lo largo de un año a pesar de los cambios estacionales, por lo que muchas especies de arañas incluyendo a *Hahnia* sp. pueden ajustar el suministro de alimento al comer más cuando sus presas se encuentran con una mayor abundancia. Esta capacidad para absorber la energía máxima permite a estas arañas no solo crecer, sino también madurar más rápidamente, lo que en consecuencia permite la producción de un número más elevado de huevos generando que las poblaciones incrementen (Foelix, 2011). Esto último no siempre se cumple para todas las especies ya que para la mayoría el número de huevos está en función del tamaño total de la araña, sin embargo la longevidad de los individuos y las tasas de reproducción dentro la población pueden ser favorables para la producción de huevos en *Hahnia* sp. y 2) las adaptaciones que presentan estas arañas como la colonización de microhábitats adecuados, su capacidad de resistencia al frío, la reducción de su tasa metabólica y periodos de conducta que se caracterizan por mantenerse protegidas manteniendo su exposición al mínimo les permite sobrevivir a las condiciones adversas que presentan estos ecosistemas templados, que aunado a sus ciclos anuales y periodos de maduración pueden promover la presencia de varias generaciones simultáneamente en el mismo lugar.

Las abundancias relativas de las especies *N.* sp01 y *N.* sp02 fueron considerablemente más bajas que las exhibidas por *Hahnia* sp. al presentar 17 y 138 individuos adultos respectivamente. El bajo número de individuos colectados para *N.* sp01 nos proporciona cierta información acerca de algunos aspectos biológicos que pueden afectar el tamaño poblacional de esta especie. Las tasas de reproducción podrían ser muy muy bajas, resultando en una disminuida producción de ovisacos y una menor cantidad de huevos. En cuanto a su fenología, la presencia de un mayor número de especímenes adultos de *N.* sp01 en el mes de octubre podría indicar que la época de reproducción es durante el otoño, disminuyendo rápidamente hacia la época de invierno (donde podría ocurrir la época de oviposición y eclosión de los huevos) y aumentando nuevamente hacia la época de otoño (cuando las poblaciones de juveniles han madurado). Es probable que la mayor población de individuos juveniles se encuentre a inicios de la primavera y finales del verano debido a que en el presente trabajo no se encontraron especímenes adultos durante

el mes de mayo y hay un número considerablemente bajo de adultos en el mes de febrero (2 individuos colectados). Para *N. sp02* la abundancia relativa es más constante y presenta una menor variación que las otras especies, explicándose por la gran plasticidad que presentan a estos hábitats. Los factores mencionados anteriormente para *Hahnia* sp. también pueden influir en esta especie promoviendo su incremento poblacional y traslape generacional a lo largo de un año. La presencia de machos y hembras durante los tres meses de colecta en abundancias similares, nos podría dar evidencia de que el ciclo reproductivo es constante y la maduración de las poblaciones juveniles es muy alta.

Importancia de la Taxonomía y Diversidad Cibernética

Actualmente el desarrollo de herramientas basadas en la infraestructura del Internet ha permitido a la taxonomía incrementar el conocimiento y descripción de especies nuevas principalmente distribuidas en las regiones tropicales del planeta. Por lo anterior, esta ciencia busca generar conocimiento de manera rápida, eficiente e integral; que se vea reflejado en la publicación de trabajos descriptivos para que puedan ser compartidos a nivel mundial ayudando a solventar la crisis de la biodiversidad (Wheeler, 2004). Por estas razones, el presente estudio también involucró el uso de las herramientas modernas de la Taxonomía cibernética (Wheeler, 2008) y Diversidad cibernética (Miller *et al.* 2014).

El sitio “Araneomorphae of Mexico” (Alvarez-Padilla Laboratory, 2015) fue creado como un repositorio especializado de imágenes de las especies colectadas en los proyectos de Xilitla y Atotonilco de manera similar a la utilizada en otros sitios (*Doi Inthanon Inventory*, 2015; *Morphbank*, 2015; *DigitalSpiders*, 2015). Hasta el momento el sitio cuenta con más de 3,600 imágenes de aproximadamente 320 especies. Cada una de estas imágenes contiene información de valor taxonómico lo que permite la fácil identificación a nivel de género o especie. A través de este repositorio, más de 13 aracnólogos expertos en diversas familias y grupos han colaborado corroborando y corrigiendo las identificaciones de las especies publicadas. Esta colaboración ayudó para que el proceso de determinación e identificación fuera acelerando sustancialmente. Como Wilson (2004) señala, la cooperación entre taxónomos y la utilización de tecnologías modernas son importantes para poder describir la biodiversidad de manera rápida y efectiva.

Taxonomía de las especies encontradas

Las dos especies de *Neoantistea* registradas en este estudio representan un aumento en la diversidad conocida para el género en México llegando a un total de diez, situándose como el segundo país con mayor número de especies solo después de Estados Unidos del cual se conocen 11. Asimismo, el registro de *Hahnia* sp. incrementa la diversidad del género para Veracruz y el país, con dos y cinco especies respectivamente. Finalmente, las tres especies encontradas en este estudio aumentan la diversidad de Hahniidae para el estado de Veracruz al tener cinco especies de dos géneros, colocándose como el estado con mayor número de especies en el territorio mexicano, además su descubrimiento incrementa la diversidad conocida para México llegando a 17 especies, lo que representa un 6.8% de la diversidad mundial conocida.

Es importante mencionar que el descubrimiento y descripción de especies nuevas para este grupo de arañas en México no se hacía desde que Opell y Beatty realizaron la monografía de Hahniidae de la región Neártica en 1976. Este lapso de 40 años representa la falta de estudios faunísticos y taxonómicos para esta familia en bosques templados en el país y el hallazgo de estas especies nuevas provee nuevas razones para la realización de estudios con un enfoque taxonómico, faunístico y sistemático que enriquezca el conocimiento de ésta y pueda aplicarse de manera directa en la generación de programas de conservación para este tipo de vegetación en México.

Mediante el uso de claves especializadas (Opell y Beatty, 1976; Ubick *et al.* 2005) se identificaron los especímenes colectados a niveles de género y especie, sin embargo, los caracteres propuestos por dichas claves no correspondieron en gran parte a los caracteres observados en algunas especies. Por ejemplo, los caracteres diagnósticos propuestos para *Hahnia* incluyen el tamaño reducido de los AME, mismos que estuvieron ausentes en *Hahnia* sp., sin embargo, la presencia de un espiráculo traqueal más cercano a la base de las hileras medias y la longitud similar de los segmentos distal y proximal de las hileras laterales fueron suficientes para colocar a esta especie dentro de dicho género. La ausencia de los AME en especies de Hahniidae ha sido reportado para tres especies: *Scotospilus longus* Zhang *et al.* (2013), *Hahnia senaria* Zhang y Zheng, (2011) y la especie de *Hahnia* aquí registrada, además las tres exhiben una morfología general muy parecida lo que sugiere que estos caracteres pueden ser convergencias como resultado de vivir en microhábitats con condiciones muy similares. Es importante mencionar que las especies dentro de *Hahnia* presentan una considerable variación en caracteres de importancia

taxonómica como el pedipalpo y el epigino, haciendo evidente la posible presencia de grupos de especies que pueden ser diagnosticados por éstos, reflejando una posible evolución como grupo para determinada región geográfica. De acuerdo a la propuesta hecha por Opell y Betty (1976) la presencia de algunos caracteres exhibidos por *Hahnia* sp. como la longitud total del cuerpo (1-1.5 mm), la presencia de una RTA pequeña y la ausencia de espermatecas secundarias la colocan dentro del grupo que comprende a *H. nobilis* y a *H. okefinokensis*. Sin embargo, esta hipótesis de relación con base en morfología necesita de análisis moleculares que permitan discernir de manera más clara las relaciones entre estos grupos de arañas.

En cuanto a las especies *N. sp01* y *N. sp02*, la presencia de algunos caracteres en la genitalia de machos y hembras permitió diferenciarlas del resto de las especies descritas, sin embargo, *N. sp01* presentó una longitud del segmento distal en las hileras laterales más corta que el segmento proximal, lo que nos proporciona una evidencia acerca del uso de caracteres cuantitativos y su posible variación dentro de las especies, por lo que quizá no sean adecuados para diagnosticar taxonómicamente a este género. Es importante mencionar que el análisis de fotografías de microscopía electrónica de barrido permitió observar caracteres que no se han reportado para las especies de *Neoantistea*, entre ellos se encuentran la dentición del margen interno de la RTA y la morfología de la apófisis patelar, lo que proporciona información de valor taxonómico para futuras determinaciones. Por otro lado, la expansión de pedipalpos permitió observar el arreglo espacial de los escleritos que se sitúan sobre la hematodoca basal, lo que nos proporciona evidencia acerca de la función de algunas estructuras como es el caso del tegulo, el cual podría funcionar como un soporte para émbolo y la morfología de éste para el caso de *N. sp01*, cuya estructura larga y filiforme se acopla a la morfología del epigino formando una combinación única de la especie y aislándose reproductivamente de *N. sp02*.

En el presente estudio se analizó la morfología de los órganos estridulatorios presentes en las especies *N. p01* y *N. sp02* mediante imágenes de microscopía electrónica de barrido y algunos aspectos en los cuales se ven implicados como el comportamiento sexual y la comunicación intraespecífica. Es bien conocido que las arañas son animales de hábitos solitarios, sin embargo, ha sido ampliamente aceptado que la comunicación juega un rol muy importante a lo largo de su ciclo de vida (Foelix, 2011; Uhl y Elias, 2011). Tres procesos son requeridos para que exista la comunicación en arañas: la producción de una señal, su propagación a través del medio ambiente por medio de canales de transmisión y sitios de recepción adecuados para recibir la señal. Estos canales de transmisión pueden

ser químicos, táctiles, acústicos o visuales y su uso depende de microhábitat en el cual la araña ocurre y su modo de vida. Las especies aquí registradas forman parte del ecosistema edáfico, por lo que dichos canales de transmisión se asocian a señales químicas, táctiles y acústicas que viajan a través del sustrato a cortas y largas distancias permitiendo la comunicación entre los individuos de las poblaciones.

El reconocimiento de especies es un componente importante en la identificación de conspecíficos y previene la hibridación de individuos genéticamente incompatibles. Esta discriminación de especies puede ser llevada a cabo a través de señales químicas que se transmiten por medio de la seda o del aire y pueden ser parte de un conjunto de mecanismos de aislamiento reproductivo, sin embargo, dichas señales frecuentemente se observan conservadas entre los congéneres e inclusive a través de un mismo género, por lo que el uso de sustancias químicas durante el apareamiento o en la comunicación podrían ser menos específicas de lo que se asume (Uhl y Elias, 2011). Por esta razón el reconocimiento de especies por medio de señales químicas es ciertamente complementado con señales vibratorias o visuales. Un ejemplo de ello se observa en las especies *N. sp01* y *N. sp02*, las cuales fueron encontradas en un mismo cuadrante y cuya ocurrencia estacional no presentó diferencias significativas, sin embargo, la anatomía de sus órganos estridulatorios difiere lo suficiente como para generar vibraciones con frecuencias distintas promoviendo el posible aislamiento reproductivo en estas especies simpátricas. Asimismo, durante el comportamiento sexual de *N. sp02* se observó la presencia de tres diferentes tipos de comunicación acústica: la estridulación, la percusión y la tremulación. La generación de distintos tipos de señalización que incluyen la interacción de distintas partes del cuerpo con el sustrato en diversas combinaciones pueden formar numerosos patrones que producen señales a diferentes frecuencias lo que podría promover señales de reconocimiento específicas para cada especie.

La presencia de estos órganos en todos los estadios podría indicar que la comunicación en estas arañas no se restringe al cortejo o a los encuentros agonísticos entre machos. La comunicación a través de estos órganos posiblemente juega un rol en evitar a otros depredadores o como señal de alerta ante la predación, durante el reconocimiento de parentales-descendencia e interacciones de dominancia social. Generalmente las señales producidas por estos órganos contienen información acerca de la identidad del animal (especies, sexo), estado de desarrollo (madurez y receptividad), estado de comportamiento (nivel de agresión), relaciones (grupos sociales) y salud (condición o carga parasitaria) (Uhl y Elias, 2011).

Finalmente, la observación de los especímenes vivos permitió establecer algunas hipótesis acerca de la conducta en estas arañas, por ejemplo, las interacciones entre los individuos adultos y juveniles nos provee de evidencia acerca de la tolerancia que puede existir entre los individuos de una población, la cual podría estar relacionada con la estabilidad en el número de organismos encontrados a lo largo de un año, sin embargo, la alimentación y formación de redes de manera independiente nos habla de que son arañas de hábitos solitarios, descartando la idea de que exista sociabilidad, dado el hecho de que uno de los precursores más importantes para que las arañas sean sociales es la cooperación durante la captura de alimento (Foelix, 2011). Es importante mencionar que estas observaciones solo son una aproximación a lo que realmente ocurre en la naturaleza debido a que estas conductas pueden verse modificadas bajo condiciones de laboratorio por lo que estudios con ejemplares vivos de Hahniidae quedan a la espera de análisis más detallados enfocados a la conducta de las especies y sus implicaciones en la evolución de la comunicación en arañas.

CONCLUSIONES

Fueron recolectadas un total 1, 131 arañas adultas pertenecientes a dos géneros de la familia Hahniidae. De éstos, se identificaron tres especies, dos se incluyen en el género *Neoantistea* y una al género *Hahnia*, las tres son consideradas nuevas para la ciencia.

Se creó un banco de 233 imágenes compuestas de las vistas generales del cuerpo y la genitalia. De estas imágenes, 175 corresponden a fotografías de microscopía electrónica de barrido que incluyen la morfología detallada de la genitalia de machos y hembras, además de estructuras respiratorias y órganos estridulatorios.

Se elaboraron descripciones completas de las tres especies colectadas incluyendo una diagnosis comparativa y la variación encontrada dentro de las poblaciones.

Se realizó la primera descripción del comportamiento sexual y estructura de la red para especies de la familia Hahniidae incorporando además el análisis detallado de los órganos estridulatorios asociado a imágenes de microscopía electrónica de barrido.

El análisis de diversidad indicó que se obtuvo el 100% del total de especies que habitan en la zona de estudio.

REFERENCIAS

- Alvarez-Padilla, F. y Hormiga, G. (2008). A protocol for digesting internal soft tissues and mounting spiders for scanning electron microscopy. *Journal of Arachnology*, 35: 538–542.
- Alvarez-Padilla, F. (2014). Ciberdiversity of Araneomorphae from Mexico. Facultad de Ciencias UNAM. Disponible en: www.unamfcaracnolab.com (ultimo acceso: Noviembre 2015).
- Allmeling, C., Jokuszies, A., Reimers, K., Kall S. y Vogt, P. M. (2006). Use of spider silk fibers as an innovative material in a biocompatible artificial nerve conduit. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 10: 770-777.
- Baoyong, L. Jian, Z., Deglong, C. y Min, L. (2010). Evaluation of a new type of wound dressing made from recombinant spider silk protein using rat models. *Burns*, 36: 891-896.
- Benoit, P. L. G. (1978). Hahniidae du Mont Kenya (Araneae). *Revue Zool. Afr.* 92: 609-621.
- Bertkau, P. (1878). Versuche in einer natürlichen Anordnung der Spinnen, nebst Bemerkungen zueinzeln Gattungen. *Arch. Naturg.* 44 (1): 351-410.
- BHL. Biodiversity Heritage Library (2015). Disponible en: <http://www.biodiversitylibrary.org/>
- Bilimek, D. (1867). Fauna der Grotte Cacahuamilpa in Mexico. *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien*, 17: 901-908.
- Blackledge, T. A. y Hayashi C. Y. (2006). Silken toolkits: biomechanics of silk fibers spun by the orb web spider *Argiope argentata* (Fabricius 1775). *Journal of Experimental Biology*, 106: 5229-5234.
- Blackledge, T. A., Scharff, N., Coddington, J. A., Szuts, T., Wenzel, J. W., Hayashi, C. Y. y Agnarsson, I. (2009). Reconstructing web evolution and spider diversification in the molecular era. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106: 5529-5234.
- Bodner, G. (2002). Biodiversity assessment and systematics of Neotropical jumping spiders (Araneae: Salticidae), En: Cohen, A., Maddison, W. y Robichaux, R. (Eds.), Biodiversity assessment and systematics of Neotropical jumping spiders (Araneae: Salticidae), Arizona, USA, pp. 1-379.
- Bonnet, P. (1959). Bibliographia araneorum. *Toulouse* 2(5), 4231-5058.
- Bosmans, R. y Thijs, E. (1980). Spiders of the family Hahniidae from Mount Kenya. *Revue Zool. Afr.* 94:559-569.
- Brignoli, P. M. (1976). Ragni d'Italia XXVII. Nuovi dati su Agelenidae, Argyronetidae, Hahniidae, Oxyopidae e Pisauridae, cavernicoli ed epigei (Araneae). *Quad. Mus. Speleol. "V.Rivera"* 4: 3-117.

- Brignoli, P. M. (1977a). Sur quelques Agelenidae et Hahniidae (Araneae) d'Afrique du Nord. *Revue Arachnol.* 1: 13-22.
- Brignoli, P. M. (1978b). Quelques notes sur les Agelenidae, Hahniidae, Oxyopidae et Pisauridae de France et d'Espagne (Araneae). *Revue Suisse Zool.* 85: 265-294.
- Bristowe, W. S. (1938a). The classification of spiders. *Proceedings of the Zoological Society of London* (B) 108: 285-322.
- Cambridge F.O.P. (1899). Arachnida. Araneida. In: *Biologia Centrali-Americana, Zoology.* London 1. 289–304.
- Cambridge F.O.P. (1904). Arachnida-Araneida and Opiliones. In: *Biologia Centrali-Americana, Zoology.* London 2: 465–560.
- Cambridge O.P. (1889). Arachnida. Araneida. En: *Biologia Centrali-Americana, Zoology.* London, 1: 1–56.
- Cambridge O.P. (1902). Arachnida. Araneida. En: *Biologia Centrali-Americana, Zoology.* London, 1: 305–316.
- Cardoso P., Scharff N., Gaspar C., Henriques S., Carvalho R., Castro P. H., Schmidt J. B., Silva, I., Szüts T., De Castro A., Crespo L. C. (2008a). Rapid biodiversity assessment of spiders (Araneae) using semi-quantitative sampling: a case study in a Mediterranean Forest. *Insect Conservation and Diversity*, 1: 71–84.
- Cardoso P. Gaspar C. Pereira L. C. Silva I. Henriques S. da Silva R. Sousa P. (2008b). Assessing spider species richness and Composition in a Mediterranean cork oak Forest. *Acta Oecologica*, 33: 114–127.
- Cardoso, P., Henriques, S.S., Gaspar, C., Crespo, L.C., Carvalho, R., Schmidt, J.B., Sousa, P., Szüts, T. (2008c). Species richness and composition assessment of spiders in a Mediterranean scrubland. *J Insect Conserv.* 13(1):45-55.
- Chamberlin, R. V. y Ivie, W. (1942a). A hundred new species of American spiders. *Bulletin of the University of Utah* 32(13): 1-117.
- Chen, S.H., Wang, Y. y Chen, S.C. (2003). A newly recorded spider of the family Hahniidae (Arachnida, Araneae) from Taiwan. *Journal of Taiwan normal University: Mathematics, Science & Technology*, 48, 25–30.
- Chen, X., Yan, H.M. y Yin, C.M. (2009). Two new species of the genus *Hahnia* from China (Araneae: Hahniidae). *Acta Arachnologica Sinica*, 18, 66–70.
- Coddington, J.A. (1983). A temporary Slide-mount allowing precise Manipulation of small structures. En: Coddington, J.A. (Ed.), *Taxonomy, Biology and Ecology of the Araneae*, pp. 291–292.
- Coddington, J.A., Griswold, C. E., Davila, D. S., Penaranda, E. y S. F. Larcher. (1991) Designing and testing sampling protocols to estimate biodiversity in tropical

- Ecosystems. En: Dudley, E.C. (Ed.). *The Unity of Evolutionary Biology: Proceedings of the Fourth International Congress of Systematic and Evolutionary Biology*. Vol. 2. Dioscorides Press, Portland OR, pp. 44–60.
- Coddington, J.A. and Levi, H.W. (1991). Systematics and Evolution of Spiders (Araneae). *Annual Review of Ecology and Systematics*, 22: 565-592.
- Coddington J.A., Young L.H, Coyle F.A. (1996). Estimating spider species richness in a southern Appalachian cove hardwood forest. *Journal of Arachnology*, 24:111–124.
- Coddington, J.A., Giribet G., Harvey M. S., Prendini L., y Walter D. E. (2004). Arachnida. En: *Assembling the Tree of Life*. Cracraft, J. y Donoghue, M. J. (Eds.). *Oxford University Press*, pp. 296-318.
- Coddington, J. A. (2005). Phylogeny and classification of spiders. En Ubick, P., Paquin, P., Cushing, P., y Roth, V., (Eds), *Spiders of North America: an identification manual*, pp. 18-24. American Arachnological Society.
- Colwell, R.K. y J. A. Coddington. (1994). Estimating Terrestrial Biodiversity through Extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B.*, 345: 101-118.
- Colwell R.K. 2011. EstimateS, Version 9.1.0: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide).
- CONANP (2012). Programa de manejo del parque nacional del Pico de Orizaba, consulta artículo 65 de LGEEPA. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 119 pp.
- Dunlop, J., Penney, D. y Jekel, D. (2015). A summary list of fossil spiders and their relatives. En: *World Spider Catalog*. Natural History Museum Bern. Disponible en: <http://wsc.nmbe.ch>, version 15.5.
- Eberhard, W. G. (1985). *Sexual selection and animal genitalia*. Harvard Univ. Press, Cambridge, MA
- Emerton, J. H. (1890). New England spiders of the families Drassidae, Agalenidae and Dysderidae. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences* 8: 166-206.
- Espinosa-Organista, D., Ocegueda-Cruz, S., Aguilar-Zúñiga, C., Flores-Villela, O. y Llorente-Bousquets, J. (2008). El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En: Sarukhan, J. (Ed.), *Capital natural de México. Vol. I Conocimiento actual de la Biodiversidad*. CONABIO, Mexico City, pp. 33-65.
- Espuny, A., Barrientos, J.A. y Ascaso, C. (1993). Arañas de un encinar montano (Montseny, Barcelona, España). Resultados faunísticos. *Bollettino Accademia Gioenia Scienze Naturali*, 26 (345), 93–105.
- Foelix, R. F. (2011). *Biology of Spiders*. Third edition. *Oxford University press*, New York, Unites States of America. 419 p.

- Forster, R. R. (1970b). The spiders of New Zealand. Part III. *Otago Museum Bulletin* 3: 1-184.
- Forster R. R. (1980). Evolution of the tarsal organ, the respiratory system and the female genitalia in spiders. In Gruber J, (ed.), *Verhandlungen des 8. Internationalen Arachnologen Kongress*, Wien 1980. pp. 269–284.
- Francke O. F. (2014). Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 408–418.
- Garrison, N. L., Rodríguez, J., Agnarsson, I., Coddington, J. A., Griswold, C. E., Hamilton, C. A., Hedin, M., Kocot, K. M., Ledford, J. M. y Bond, J. (2015). Spider Phylogenomics: Untangling the Spider Tree of Life. *PeerJ PrePrints*, CC-BY 4.0 Open Access.
- GBIF. 2015. Global biodiversity information Facility. Disponible en: <http://www.gbif.org/>
- GeneBank. 2015. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
- Gerhardt, U. y Kaestner, A. (1938). Araneae. En: Kukenthal, W., Krumbach, T. *Handbuch der Zoologie*, 3 (2): 497-656.
- Gertsch, W. J. (1934c). Some American spiders of the family Hahniidae. *American Museum Novitates* 712: 1-32.
- Gertsch, W. J. y Davis, L. I. (1940a). Report on a collection of spiders from Mexico. II. *American Museum Novitates* 1059: 1-18.
- Gertsch, W. J. y Davis, L. I. (1940b). Report on a collection of spiders from Mexico. III. *American Museum Novitates* 1069: 1-22.
- Gertsch, W. J. (1946b). Five new spiders of the genus *Neoantistea*. *Journal of the New York Entomological Society* 54: 31-36.
- Gertsch, W. J. (1949). *American Spiders*. Princenton, Van Nostrand: 265-266.
- Gómez-Rodríguez, J. F., Salazar- Olivo, C. A. (2012). Arañas de la región montañosa de Miquihuana, Tamaulipas: listado faunístico y registros nuevos. *Dugesiana* 19(1) 1-7.
- Griswold, C. E., M. J. Ramírez, J. A. Coddington y N. I. Platnick. (2005). Atlas of phylogenetic data for entelegyne spiders (Araneae: Araneomorphae: Entelegynae) with comments on their phylogeny. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 56 (Suppl. II): 1-324.
- Harm, M. (1966). Die Deutsche Hahniidae (Arachn. Araneae). *Senckenberg. Biol.* 47: 345-370.
- Heiss, J. S. y Draney, M. L. (2004). Revision of the Nearctic spider genus *Calymmaria* (Araneae, Hahniidae). *Journal of Arachnology* 32: 457-525.

- Hilbrant, M. (2008). Development and Evolution of the Spider Silk Producing System. Inaugural Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln.
- Hoffmann, A. (1976). Relación bibliográfica preliminar de las arañas en México. Publicaciones Especiales 3. Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 117 pp.
- Hsia, Y., Gnesa, E., Jeffery, F., Tang, S. y Vierra, C. (2011). Spider silk composites and applications. En: Cuppoletti, J. (Ed.) *Metal, ceramic and polymeric composites for various uses*. In Tech, Rijeka, Croatia. pp. 303-324.
- Huang, W., Begum, R., Barber, T., Ibbá V., Tee, N., Hussain, M., Arastoo, M., Yang, Q., Robson, L., Lesage, S., Gheysens, T., Nicholas, J., Skaer, J., Knight, D. P. y Priestley. (2012) Regenerative potential of silk conduits in repair of peripheral nerve injury in adult rats. *Biomaterials*. 33: 59-71.
- Ibarra-Núñez, G. (2011). Arañas (Chelicerata: Arachnida: Araneae). En: Cruz-Angón A., Lorea-Hernández F., Hernández-Ortiz V., Morales-Mavil J. E. (Eds.) *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado: Tomo II*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C. México. 1220 p.
- Jiménez M.L. (1996). Araneae. En: Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos en México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Llorente Bousquets J.A., García Aldrete A. N., González Soriano E. (Eds.) *CONABIO, Instituto de Biología UNAM, Facultad de Ciencias UNAM*. México D. F. 83-101 pp.
- Jiménez M.L. e Ibarra-Núñez G. (2008). Arañas (Arácnidos). En: Ocegueda, S. y Llorente-Bousquets, J. (coords.). Catálogo taxonómico de especies de México. *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO. México, CD1.
- Jocqué, R. y Bosmans, R. (1982). A new *Hahnia* from Ivory Coast with a note on stridulating organs in the Hahniidae (Araneida). *Bulletin of the British Arachnological Society* 5: 319-323.
- Jocqué, R. (2005). Six stridulating organs on one spider (Araneae, Zodariidae): is this the limit? *Journal of Arachnology*, 33, 597-603.
- Jocqué R. y Dippenaar-Schoeman A. (2006). Spider Families of the World. *Royal Museum for Central Africa*, Belgic. 336pp.
- Kaestner, A. (1968). Invertebrate Zoology, vol. 2, New York, Wiley Interscience.
- Kaston, B. J. (1948). Spiders of Connecticut. *Bull. Connecticut Geol. and Nat. Hist. Survey*, 70: 48-54, 291-294.
- Keyserling, E. (1880). Die Spinnen Amerikas, I. Laterigradae. Nürnberg, 1: 1-283.
- Keyserling, E. (1893). Die Spinnen Amerikas. Epeiridae. Nürnberg, 4: 209-377.

- King, G. F., Tedford, H. W. y Maggio, H. W. (2002). Structure and function of insecticidal neurotoxins from Australian funnel-web spiders. *Journal of Toxicology, Toxin Reviews*. 21: 361-389.
- Koponen, S. (1996). Spiders (Araneae) on trunks and large branches of oak (*Quercus robur*) in SW Finland. *Revue Suisse de Zoologie*, vol hors série, 335–340.
- Lehtinen, P. T. (1967). Classification of the cribellate spiders and some allied families, with notes on the evolution of the suborder Araneomorpha. *Annales Zoologici Fennici* 4: 199-468.
- Liu, N., Huang, G. Q. y Zhang, Z. S. (2015). A new species of genus *Hahnia* (Araneae: Hahniidae) from South China. *Zootaxa*, 3994 (2): 295–300.
- Macías, J. L. (2007). Geology and eruptive history of some active volcanoes of México. *Geol. S. Am. S.* 422- 06, 1-50.
- Marusik, Y.M. (2011). A new genus of hahniid spiders from Far East Asia (Araneae: Hahniidae). *Zootaxa*, 2788, 57–68.
- May, R. (2004). Tomorrow's taxonomy: collecting new species in the field will remain the rate-limiting step. *Philos. Trans R. Soc. Lond. B.* 359: 733–734.
- Miller J. A., Griswold C. E., Yin C-M (2009). The symphytognathoid spiders of the Gaoligongshan, Yunnan, China (Araneae: Araneoidea): Systematics and diversity of micro-orbweavers. *ZooKeys* 11: 9–195.
- Miller, J. A., Carmichael, A., Ramírez, M. J., Spagna, J. C., Haddad, C. R., Řezáč, M., Johannesen, J., Král, J., Wang, X. P. y Griswold, C. E. (2010). Phylogeny of entelegyne spiders: affinities of the family Penestomidae (NEW RANK), generic phylogeny of Eresidae, and asymmetric rates of change in spinning organ evolution (Araneae, Araneoidea, Entelegynae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 55: 786-804.
- Miller J. A., Miller J. H., Pham D. S., Beentjes K. K. (2014). Cyberdiversity: Improving the Informatic Value of Diverse Tropical Arthropod Inventories. *PLoS ONE*, 9 (12), 1-27.
- Morphbank, Biological Imaging. 2013. Florida State University Department of Scientific Imaging. Disponible en: <http://www.morphbank.net/About/Copyright/>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca G. A. B., Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403: 853-858.
- NCBI. 2015. National Center for Biotechnology Information. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Nixon, K.C. (2006). Global and Neotropical distribution and diversity of oak (genus *Quercus*) and oak forests ecological studies. En: Kappelle, M. (Ed.), *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests*. Springer, Berlin, pp. 3-13.

- Nyffeler, M y Benz, G. (1987). Spiders in natural pest control: a review. *Journal of Applied Entomology*, 103: 321-339.
- Opell, B. D. y Beatty, J. A. (1976). The Nearctic Hahniidae (Arachnida: Araneae). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College* 147: 393-433.
- Paquin, P. y Dupérré, N. (2003). Guide d'identification des araignées de Québec. *Fabriques, Supplement* 11: 1-251.
- Peckham, G. W., Peckham, E. G. y Wheeler, W. H. (1888). Spider of the subfamily Lyssomanae. *Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences*, 7: 221-256.
- Pekár, S., Coddington, J. A. y Blackledge, T. A. (2011). Evolution of stenophagy in spiders (Araneae): evidence based on the comparative analysis of spider diets. The society for Study of Evolution. *Evolution* 66-3: 776-806.
- Petrunkevitch, A. (1933). An inquiry into the natural classification of spiders, based on a study of their internal anatomy. *Trans. Connecticut Acad. Arts, Sci.*, 31 (4): 299-389.
- Platnick, N. I. (1999). Dimensions of Biodiversity: Targeting megadiverse groups. (J. Cracraft and F. T. Grifo Eds.) En: The living planet crisis, Biodiversity Science and Policy. Columbia University Press, New York.
- Platnick, N.I. y Raven, R.J. (2013). Spider systematics: Past and future. *Zootaxa*, 3683 (5), 595–600.
- Polotow, D., Carmichael, A. y Griswold, C. E. (2015). Total evidence analysis of the phylogenetic relationships of Lycosoidea spiders (Araneae, Entelegynae). *Invertebrate Systematics* 29: 124-163.
- Ramírez, M. J. (2014). The morphology and phylogeny of dionychan spiders (Araneae, Araneomorphae). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 390, 1-374.
- Reichert, S. E. y Bishop, L. (1990). Prey control by an assemblage of generalist predators: spiders in garden test systems. *Ecology*, 71: 1441-1450.
- Reichert, S. E. y T. Lockley. (1984). Spiders as biological control agents. *Annual Review of Entomology*, 29: 299-320.
- Rivera-Quiroz, F. A. (2015). Descripción y comparación de la diversidad de las familias Anyphaenidae y Corinnidae (Araneae, Araneomorphae) en dos tipos de vegetación del oriente mexicano. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias.
- Rivera-Quiroz F. A. y Alvarez-Padilla F. (2015). Tree new species of the genus *Trachelas* (Araneae: Trachelidae) from an oak forest inside the Mesoamerican biodiversity hotspot in Mexico. *Zootaxa*. 3999 (1): 95-110.
- Rivera-Quiroz F. A., Garcilazo-Cruz U. y Alvarez-Padilla F. (2015). Spider Cyberdiversity (Araneae: Araneomorphae) in an ecoturistic tropical forest fragment in Xilitla, Mexico. En revisión. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.

- Rodríguez-Correa, H., Oyama, K., MacGregor-Fors, I. y González-Rodríguez, A. (2015). How are oaks distributed in the neotropics? A perspective from species turnover, areas of endemism, and climatic niches. *Int. J. Plant Sci.* 176(3):222–231.
- Roth, V. D. y Brame, P. L. (1972). Nearctic genera of the spider family Agelenidae (Arachnida, Araneida). *American Museum Novitates* 2505: 1-52.
- Rubio, G. D., Lo-Man-Hung, N. F. y Iuri, H. A. (2014). A revision of the Neotropical genus *Austrohahnia* Mello-Leitão (Araneae, Hahniidae). *Zootaxa* 3894(1): 106-116.
- Rzedowski, J. (1978). *La vegetación de México*. Limusa, Mexico City, 432 pp.
- Scharff, N., Coddington, J.A., Griswold, C.E., Hormiga, G. y Bjorn, P.D. (2003). When to quit? Estimating spider species richness in a northern European deciduous forest. *Journal of Arachnology*, 31:246–273.
- Schmitz, A. (2013). Tracheae in Spiders: Respiratory Organs for Special Functions. En: Nentwig, W. (ed.), *Spider Ecophysiology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 29-43.
- Servín-Pastor, M. (2015). Estudio faunístico de la familia Araneidae (Araneae: Araneomorphae) en encinares del Pico de Orizaba, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias.
- Simon, E. (1892a). Histoire naturelle des araignées. Paris 1, 1-256.
- Silva, D. y Coddington, J. A. (1996). Spiders of Pakitza (Madre de Dios, Perú): species richness and notes on community structure. En: Wilson, D.E. y Sandoval, A. (Eds.), *Manu: The Biodiversity of Southeastern Peru*, pp. 253-311.
- Sørenssen, L., Coddington, J. A. y Scharff, N. (2002). Inventorying and estimating subcanopy spider diversity using semiquantitative sampling methods in an afro-montane forest. *Environ Entomol.* 31(2): 319-330.
- Spagna, J., Gillespie, R.G., (2008). More data, fewer shifts: molecular insights into the evolution of the spinning apparatus in non-orb-weaving spiders. *Mol. Phylogenet. Evol.* 46, 347–368.
- Spagna, J. C., Crews, S. C., y Gillespie, R. G. (2010). Patterns of habitat affinity and Austral/Holarctic parallelism in dictynoid spiders (Araneae: Entelegynae). *Invertebrate Systematics*, 24(3):238.
- Suguro, T. (2015). New data of *Hahnia* (Aranea: Hahniidae) in Japan, with a description of a new species. *Acta Arachnologica*, 64 (1): 11-15.
- The Oaks of Chevithorne Barton. Disponible en: <http://www.oaksofchevithornebarton.com/>
- Tovar-Sanchez, E., Cano-Santana, Z. y Oyama, K. (2003). Canopy arthropod communities on Mexican oaks at sites with different disturbance regimes. *Biological Conservation*, 115, 79–83.

- Ubick, D., Paquin, P., Cushing P. E. y Roth V. (Eds.), (2005). Spiders of North America: an identification manual. *American Arachnological Society*. 377 pp.
- Uetz, G. W. y Stratton, G. E. (1982). Acoustic communication and reproductive isolation in spiders. En: Witt, P. N. y Rovner, J. S. (Eds.). *Spider Communication: Mechanism and Ecological Significance*. Princenton, N. J: Princenton University Press, pp. 123-129.
- Uhl, G y Elias, D. O. Communication. En: *Spider behaviour: flexibility and versatility*. Herberstein, M. E. (Ed.). Cambridge University Press, Cambridge, 2011, pp. 127-188.
- Urones, C., Jerardino, M. y Fernández, J.L. (1990). Estudio ecológico de las arañas epigeas (Araneae) en un encinar adhesionado de *Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp. (Provincia de Salamanca, España). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, 14, 185–197.
- Valencia, S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75, 33-53.
- Vargas, M. F. (1984). Parques Nacionales de México y reservas equivalentes. Pasado, presente y futuro. *Colección: Grandes Problemas Nacionales. Serie: Los Bosques de Mexico*. Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. 266 p.
- Vollrath, F. y Selden, P. (2013). The science of silks. *MRS Bulletin*. 38: 73-80.
- Web of Science (2015). Disponible en: <https://apps.webofknowledge.com/>
- Wheeler, Q. D. (2004). Taxonomic triage and the poverty of phylogeny. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B*. 359, 571–583.
- Wheeler, Q. D. (2008). The New Taxonomy. The Systematics Association, Special Volume Series 76. Press, New York.
- Wilson, E.O. (2004). Taxonomy as a fundamental discipline. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B*. 359:739.
- Wilson, E. O. (1985). The Biological Diversity Crisis. *Bioscience*. 35, 11:700-706.
- Wilson, E.O. (1999). The Diversity of Life. W. W. Norton & Company. Inc. New Cork, 424 pp.
- Wood, H. M., Griswold, C. E. y Gillespie, R. G. (2012). Phylogenetic placement of pelican spiders (Archeidae, Araneae), with insight into evolution of the "neck" and predatory behaviors of the superfamily Palpimanoidea. *Cladistics* 28: 598-626.
- World Spider Catalog. (2015). World Spider Catalog. Disponible en: <http://wsc.nmbe.ch> (último acceso diciembre-2015).

- Xu X., Liu F., Chen J., Ono H., Li D, Kuntner, M. (2015). A genus-level taxonomic review of primitively segmented spiders (Mesothelae, Liphistiidae). *ZooKeys* 488: 121–151.
- Zhang, F. y Zhang, C. (2003). On two newly recorded species of the spider from China (Araneae: Salticidae, Hahniidae). *Journal of Hebei University* (Natural Science Edition), 23, 51–54.
- Zhang, Z. S., Li, S. Q. y Zheng, G. (2011). Comb-tailed spiders from Xishuangbanna, Yunnan Province, China (Araneae, Hahniidae). *Zootaxa* 2912: 1-27.
- Zhang, Z.S. y Zhang, Y.G. (2013). Synonymy and misidentification of three Hahnia species (Araneae: Hahniidae) from China. *Zootaxa*, 3682 (4), 521–533.
- Zhang, Z.S., Li, S. y Pham, D.S. (2013). First description of comb-tailed spiders (Araneae: Hahniidae) from Vietnam. *Zootaxa*, 3613 (4), 343–356.

APÉNDICES

Apéndice I. Listado de familias de Araneomorphae encontradas en el inventario de Atotonilco

Familia	Hembras	Machos	Total
Agelenidae	74	64	138
Anyphaenidae	230	238	468
Araneidae	682	664	1346
Caponidae	1	9	10
Clubionidae	70	32	102
Corinnidae	44	18	62
Dictynidae	19	4	23
Dysderidae	0	1	1
Gnaphosidae	29	5	34
Hahniidae	804	327	1131
Leptonetidae	4	3	7
Linyphiidae	1538	1102	2640
Lycosidae	2	3	5
Mimetidae	0	2	2
Miturgidae	0	10	10
Mysmenidae	80	17	97
Nesticidae	42	49	91
Oonopidae	16	21	37
Pholcidae	115	109	224
Salticidae	199	165	364
Symphytognathidae	1	4	5
Tengellidae	1	0	1
Tetragnathidae	317	239	556
Theridiidae	1209	1015	2224
Theridiosomatidae	3	8	11
Thomisidae	7	12	19
Uloboridae	74	62	136
Zodariidae	21	7	28
Zoridae	323	295	618
Total	5905	4485	10390

Apéndice II. Número de especímenes machos y hembras por especie por muestreo

Especie	Pico CI 2012-1	Pico CI 2012-2	Pico CI 2013-1	Pico C2 2012-1	Pico C2 2012-2	Pico C2 2013-1	Total
<i>Hahnia</i> sp.							
Hembras	51	45	128	63	148	268	703
Machos	34	15	37	30	48	109	273
<i>Neoantistea</i> sp02							
Hembras	8	19	14	23	16	9	89
Machos	6	8	4	14	2	15	49
<i>Neoantistea</i> sp01							
Hembras	0	11	1	0	0	0	12
Machos	0	4	1	0	0	0	5
Total	99	102	185	130	214	401	1131