



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Anopluros (Insecta: Phthiraptera) asociados con roedores
cricétidos y heterómidos de bosques montañosos de
Guerrero y Oaxaca, México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

(BIÓLOGO)

P R E S E N T A :

(Daniel Sokani Sánchez Montes)



**DIRECTORA DE TESIS:
(Dra. María del Carmen Guzmán Cornejo)
México D.F. marzo 2014**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

1. Datos del alumno

Sánchez

Montes

Daniel Sokani

56 72 07 78

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

306675524

2. Datos del tutor

Dra.

María del Carmen

Guzmán

Cornejo

3. Datos del sinodal 1

Dra.

Livia Socorro

León

Paniagua

4. Datos del sinodal 2

Dra.

Roxana

Acosta

Gutiérrez

5. Datos del sinodal 3

MC.

Fabiola

Ramírez

Corona

6. Datos del sinodal 4

MC.

Alicia

Rojas

Ascencio

7. Datos del trabajo escrito

Anopluros (Insecta: Phthiraptera) asociados con roedores cricétidos y heterómidos de bosques montañosos de Guerrero y Oaxaca, México

97 p

2014

Agradecimientos

El presente estudio se desarrolló como parte del proyecto PAPIIT No 226010 “Helmintos y ácaros asociados a roedores cricétidos (Muroidea: Cricetidae) de bosques montañosos de dos provincias biogeográficas de México” a cargo de la Dra. Tila María Pérez y bajo la dirección de la Dra. María del Carmen Guzmán Cornejo, del Departamento de Biología Comparada de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

A la Dra. Livia León Paniagua por su ayuda en la colecta e identificación de los roedores huéspedes.

A la M.C. Fabiola Ramírez Corona por su apoyo y dirección en la estandarización de las actividades de biología molecular (extracción, PCR, electroforesis) y el análisis para la identificación molecular (edición y alineamiento de secuencias con el programa MEGA 5.2).

A la M. en F. P. Ana Isabel Bieler Antolín por su ayuda en la toma de las micrografías de campo claro.

A la Biol. Laura del Castillo Martínez por su apoyo en el procesamiento y montaje de algunos anopluros.

A la M.C. Guadalupe Andraca Gómez por su amable donación del par de iniciadores Jerry y PatII para la estandarización de la PCR.

A la Dra. Roxana Acosta Gutiérrez y la MC. Alicia Rojas Ascencio por la revisión del presente trabajo y las puntuales sugerencias que enriquecieron el mismo.

A los integrantes del proyecto MYACH (excelentes acarólogos, mastozoólogos y helmintólogos) Griselda Montiel, Ricardo Paredes, Rosario Chavarría, Mirna Hernández, Diego Barrales, Christina Lynggaard, Héctor Olguín, Giovanni Canchola, Pablo Colunga, Tania Marines, Deborah Veranea, Jesús Lugo no tengo palabras para agradecerles las charlas, los consejos, los conocimientos y el apoyo para emprender el estudio de este grupo.

Dedicatoria

A mi familia, el gran pilar que constituye la persona que soy, la cual siempre ha caminado a mi lado apoyándome en cada paso, en especial a mis abuelos (Pompo e Israel) que me enseñaron el valor del trabajo diario y la dedicación al realizar aquellas actividades que me apasionan; a tres mujeres fundamentales en mi vida: la Dra. Juana Cruz Sánchez Montes (mi mamá-papá-epidemióloga, gracias por darme las herramientas, el cariño, la comprensión, la autonomía, el coraje y el impulso para resolver cualquier obstáculo que se me ha presentado durante todos estos años), la Dra. Irma Sánchez Montes (mi tía “la doctora” que logró apasionarme con aquellos relatos fascinantes de “Los cazadores de microbios” que me encaminaron a este precioso campo que es la biología,

gracias por enseñarme la virtud de la paciencia, la meticulosidad, la solidaridad y el respeto y cuidado por los otros) y la Mtra. Elvia Sánchez Montes (mi tía la contadora, quien me enseñó a sonreír siempre e inventariar cada elemento de mi vida, gracias por comprenderme y quererme como lo sigues haciendo hasta este momento).

A mis maestros de la Universidad los cuales me marcaron y aún siguen siendo una motivación académica y personal: A Mely gracias por darme la oportunidad de integrarme a tu equipo, por permitirme explorar nuevos caminos, aprender sobre los ectoparásitos y sobre todos gracias por la amistad brindada.

A la MC. Christina Cañeda muchísimas gracias por enamorarme de los parásitos y regalarme siempre una cálida sonrisa.

A la Dra. Fabiola quien sin conocerme apostó un volado por mí y me apoyó de manera sincera, no solo en cuestiones técnicas sino moralmente, gracias por todos los atinados consejos, la guía y sobre todo las risas.

Al Dr. Luis Felipe Jiménez, la Dra. Lourdes Segura, la Mtra. Abigail González Valdez y la Dra. Juana Virginia Tapia quienes me enamoraron de la Biología celular y molecular y me dieron sólidas bases para continuar por este camino; la Dra. Areli Santos, los MC. Marcía Ramírez, Arturo Gómez y Omar Ávalos gracias por transmitirme esa pasión por los artrópodos y en particular por los insectos.

A la Dra. Ingeborg Becker y a los integrantes del Laboratorio de Inmunoparasitología de la Facultad de Medicina, quienes recientemente me acogieron en su grupo y me han dado el mejor de los tratos (Dra. Miriam, Bere, Eddie, Isa, Edith, Rocely, Alma, Jenny, Marco, Dallia, Fabian) nuevamente gracias por recibirme con los brazos abiertos gracias por una sincera y bella amistad.

A mis amigos que son muchos (y se han sumado a lo largo de estos años), infinitas gracias por tantos momentos de alegría Igñaki, Ceci, José Luis, Ale, Lalo, Daniel, Maru, Lore, Chris, Ady, Daf, Licha, Lili, Ingrid, Gaby, Viris, Monik, Migue, Buzz, Diane, Itzel, Zaix, Óscar, Gerardo, Nadia, Miriam, Nancy, Nataly, Leslie, Vero, Fer, Pablito, Tania, Giovanni, Juan, Deb, César, Karlita, Rodrigo y una lista aún interminable, todos ustedes son geniales.

A Jordan mi compañero de camino, tú que has estado en las buenas y en las malas, gracias por cada paso recorrido y cada sonrisa arrebatada, por tu disposición y el cariño brindados, sinceramente no tengo cómo pagártelo sino dándote un enorme GRACIAS.

Índice

| | |
|--|-----|
| | |
| RESUMEN..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| ANTECEDENTES | 7 |
| BIOLOGÍA DE LOS HUÉSPEDES | 18 |
| <i>Habromys schmidly</i> Romo-Vázquez, León-Paniagua & Sánchez, 2005..... | 18 |
| <i>Megadontomys thomasi</i> (Merriam, 1898)..... | 18 |
| <i>Neotoma mexicana</i> Baird, 1855 | 19 |
| <i>Peromyscus aztecus</i> (Saussure, 1860)..... | 19 |
| <i>Peromyscus beatae</i> Thomas, 1903..... | 20 |
| <i>Peromyscus megalops</i> Merriam, 1898 | 20 |
| <i>Peromyscus melanurus</i> Osgood, 1909 | 21 |
| <i>Reithrodontomys bakeri</i> Bradley, Mendez-Harclerode, Hamilton y Ceballos, 2003..... | 21 |
| <i>Reithrodontomys mexicanus</i> (Saussure, 1860)..... | 21 |
| <i>Reithrodontomys sumichrasti</i> (Saussure, 1861) | 22 |
| <i>Liomys pictus</i> (Thomas, 1893)..... | 22 |
| OBJETIVOS..... | 24 |
| General..... | 24 |
| Particulares..... | 24 |
| ÁREA DE ESTUDIO | 25 |
| MATERIAL Y MÉTODOS..... | 30 |
| Colecta de huéspedes..... | 30 |
| Extracción y preservación de los piojos | 30 |
| Trabajo de laboratorio..... | 30 |
| Montaje | 30 |
| Identificación morfológica | 316 |
| Fotografías en Microscopía de Campo Claro | 316 |
| Identificación molecular | 33 |
| Extracción de ADN..... | 33 |
| Amplificación del DNA | 34 |
| Electroforesis | 35 |
| Purificación..... | 35 |

| | |
|---|-----------|
| Secuenciación..... | 35 |
| Análisis molecular | 36 |
| Distribución geográfica..... | 36 |
| Análisis ecológico..... | 37 |
| RESULTADOS..... | 38 |
| Identificación morfológica..... | 40 |
| Familia Hoplopleuridae..... | 40 |
| <i>Hoplopleura emphereia</i> Kim, 1965 | 40 |
| <i>Hoplopleura ferrisi</i> Cook & Beer, 1959..... | 44 |
| <i>Hoplopleura reithrodontomydis</i> Ferris, 1951 | 48 |
| Familia Polyplacidae..... | 53 |
| <i>Fahrenheitia microcephala</i> Ferris, 1922..... | 53 |
| <i>Neohaematopinus neotomae</i> Ferris, 1942..... | 59 |
| <i>Polyplax auricularis</i> Kellogg & Ferris, 1915 | 63 |
| Identificación molecular | 68 |
| Análisis ecológico (Caracterización de las infestaciones)..... | 74 |
| DISCUSIÓN..... | 76 |
| CONCLUSIONES..... | 81 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 83 |
| Anexo A..... | 95 |

RESUMEN

Se realizó un estudio transversal para la identificación de las especies de anopluros (Insecta: Phthiraptera) asociados con roedores cricétidos y heterómidos de bosques montañosos de cinco localidades de los estados de Guerrero y Oaxaca, México. La determinación morfológica se llevó a cabo mediante el uso de claves taxonómicas especializadas y la identificación molecular mediante la secuenciación del gen mitocondrial Citocromo Oxidasa Subunidad I (COI). Aunado a ello se caracterizaron las infestaciones con base en la prevalencia, abundancia, intensidad promedio e intervalo de intensidad y se elaboraron los mapas de distribución geográfica de cada una de las especies recolectadas. Se revisaron un total de 147 huéspedes pertenecientes a 11 especies de roedores, de los cuales se recolectaron 386 anopluros de seis especies, pertenecientes a dos familias (Hoplopleuridae y Polyplacidae), cinco de las cuales fueron corroboradas mediante el análisis molecular. Con este estudio se incrementan a cuatro especies de anopluros para Guerrero y diez para Oaxaca. Todas las localidades muestreadas constituyen nuevos registros para las especies de anopluros estudiadas. Las poblaciones de roedores de las localidades de la Yerba Buena, Oaxaca y Puerto del Gallo, Guerrero registraron la mayor riqueza de especies de anopluros asociados con cuatro especies cada una. *Fahrenholzia microcephala* es la especie registrada en este trabajo más ampliamente distribuida en el país. Es la primera vez que se reporta coinfección de *H. emphereia* y *P. auricularis* sobre *P. megalops* y *Hoplopleura reithrodontomydis* representa el primer registro de un anopluro sobre *H. schmidly*. Es la primera vez que se registran las especies de anopluros asociados con *H. schmidly*, *P. aztecus*, *N. mexicana*, *R. bakeri* y *R. sumichrasti*. Debido a que el conocimiento de la biología de la mayoría de las especies de anopluros identificadas en el presente trabajo resulta escaso y su rol como vectores de microorganismos patógenos es aún incierto, resulta fundamental emprender estudios ecológicos, epidemiológicos y evolutivos con este grupo.

INTRODUCCIÓN

México es un país megadiverso donde convergen dos regiones biogeográficas (la Neártica y la Neotropical) que junto con la escarpada topografía del país, la particular disposición de sus litorales y su variación latitudinal, condicionan la presencia de una enorme variedad de climas en los cuales se desarrollan ecosistemas muy diferentes que pueden ser explotados por un sinnúmero de especies (Neyra y Durand, 1998; Escalante *et al.*, 2005; Llorente y Ocegueda, 2008).

Uno de los grupos de vertebrados más diversos en nuestro país es el de los mamíferos, ocupando el segundo lugar a nivel mundial después de Indonesia y el primero en América con 525 especies nativas (Ceballos y Oliva, 2005). En México el orden Rodentia es el más representativo con 236 especies, seguido por Chiroptera con 138 especies (Ceballos *et al.*, 2002).

Rodentia se diversificó durante el Eoceno y su éxito evolutivo radica en tres factores clave: el desarrollo de especializaciones únicas para el estilo de vida, la reducción del tamaño corporal (Vaughan *et al.*, 1999; Wilson y Reeder, 2005) y el desarrollo de un par de incisivos en forma de cincel que les permiten alimentarse de casi cualquier recurso. Aunado a ello, el grupo presenta una elevada tasa reproductiva generada por hembras poliéstricas con breves periodos de gestación y grandes camadas que pueden aparearse a temprana edad (Vaughan *et al.*, 1999). Todas estas características determinaron no solo la diversificación del grupo, sino también el establecimiento de una serie de asociaciones con otros organismos.

Acorde con De Bary (1879) la simbiosis es un tipo de asociación, la cual literalmente significa “vivir juntos” y se refiere a cualquier pareja de organismos coexistiendo de manera íntima, donde una de ellas habita dentro o sobre el cuerpo del otro y que puede clasificarse en diferentes categorías dependiendo de los resultados obtenidos. La primera de ellas es el mutualismo, asociación en la cual ambos simbioses son dependientes entre sí y obtienen un beneficio de la relación. El segundo caso es la fofoesia, la cual ocurre cuando un organismo denominado fofoente utiliza como vehículo a otro (únicamente para trasladarse de un sitio a otro sitio). Otro tipo de biorelación es el comensalismo, el cual se establece cuando uno de los simbioses (el

comensal) vive y utiliza al otro (huésped) sin causarle daño. Sin embargo, existe un cuarto tipo de asociación mucho más compleja y sutil: el parasitismo (Becerril, 2008; Roberts y Janovy, 2009).

El parasitismo puede ser visto como una asociación ecológica entre dos poblaciones de organismos de diferentes especies y que a nivel evolutivo puede considerarse como una relación entre dos genomas diferentes, la cual tiene como características: la dependencia metabólica del parásito con respecto al huésped, una distribución agregada de las poblaciones de parásitos con respecto a las de los huéspedes, un elevado potencial reproductivo del parásito con respecto al del huésped y en infecciones/infestaciones masivas el parásito puede condicionar la muerte de su huésped (Crofton, 1971; Van Valen, 1983; Futuyma, 2009; Roberts y Janovy, 2009).

Desde un punto de vista ecológico, se pueden identificar dos grupos de parásitos: los microparásitos (intracelulares obligados) que se multiplican dentro de las células del huésped y los macroparásitos que se multiplican fuera de las células del mismo, y que a su vez se clasifican en endoparásitos y ectoparásitos (Roberts y Janovy, 2009). Los endoparásitos se multiplican en el interior de los huéspedes: dentro de la cavidad de un órgano (celómicos) o en los diferentes tejidos (histozóicos), con fases infectivas que deben salir al exterior para continuar con el ciclo de vida. Los ectoparásitos en cambio se encuentran colonizando sitios específicos, como el interior y la superficie de la piel, el pelaje, escamas o plumas (Hopla *et al.*, 1994).

Los roedores pueden albergar una gran variedad de ectoparásitos, debido a su espeso pelaje, sus hábitos gregarios y nidícolas que permiten el desarrollo y transmisión de: insectos (piojos, pulgas, chinches y larvas de dípteros productores de miasis) y ácaros (ixódidos (garrapatas), mesostigmados, trombidiformes y sarcoptiformes) (Harwood y James, 1987; Krantz y Walter, 2009). En particular uno de los grupos de ectoparásitos asociados con aves y mamíferos que ha sido poco estudiado es el de los piojos.

Los piojos son insectos pequeños (0.35-10 mm de longitud en promedio), ápteros, dorsoventralmente aplanados, con uñas modificadas en forma de garras para aferrarse a sus huéspedes. Su tagmosis se compone de cabeza (que exhibe un par de antenas con 3-5 segmentos y un par de ojos o puntos oculares, aunque la mayoría son ciegos), tórax (con una placa torácica y los tres pares de coxas en posición ventral) y abdomen (este último

dividido en 10 segmentos membranosos con ocho pleuritos) (Kim y Ludwig, 1978b; Durden, 2002) (Figura 1). Tienen un ciclo de vida paurometábolo, con un huevo operculado (cementado en la base del pelo o las plumas de los huéspedes), tres estadios ninfales y el adulto o imago. Los machos presentan la porción terminal del abdomen afilada (en donde se observan el aedeagus, el apodema, los parámetros y el pseudopene), mientras que la porción final del abdomen en las hembras es bilobulada (exhibiendo la placa genital esclerosada, los gonopodos y las sedas genitales) (Stojanovich y Pratt, 1965; Kim y Ludwig, 1978b; Durden, 2002) (Figura 2).

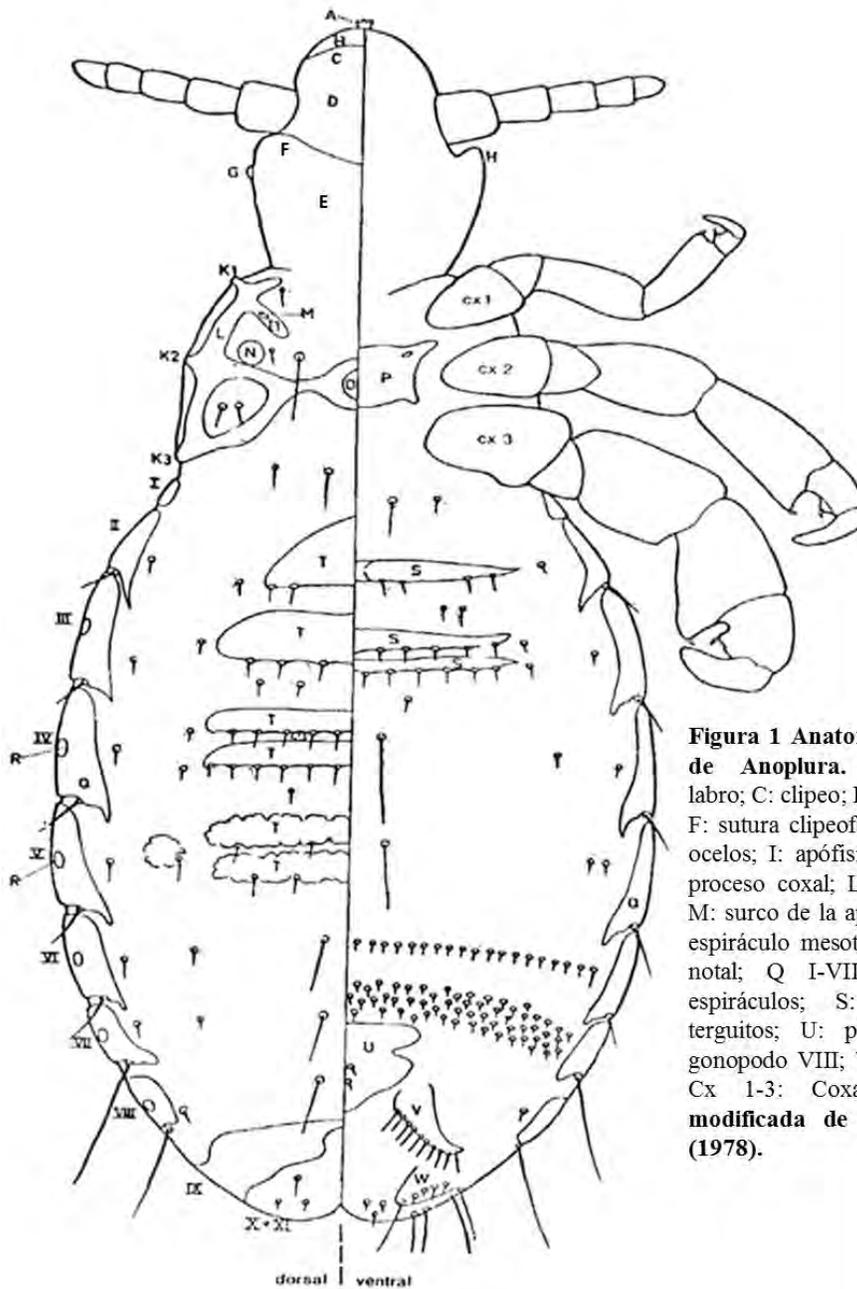


Figura 1 Anatomía generalizada de Anoplura. A: hastellum; B: labro; C: clipeo; D: frente; E: nuca; F: sutura clipeofrontal; G: ojo; H: ocelos; I: apófisis pleural; K 1-3: proceso coxal; L: pleurito lateral; M: surco de la apófisis pleural; N: espiráculo mesotorácico; O: surco notal; Q I-VIII: pleuritos; R: espiráculos; S: estermos; T: terguitos; U: placa genital; V: gonopodo VIII; W: gonopodo IX; Cx 1-3: Coxas. **Tomada y modificada de Kim y Ludwig (1978).**

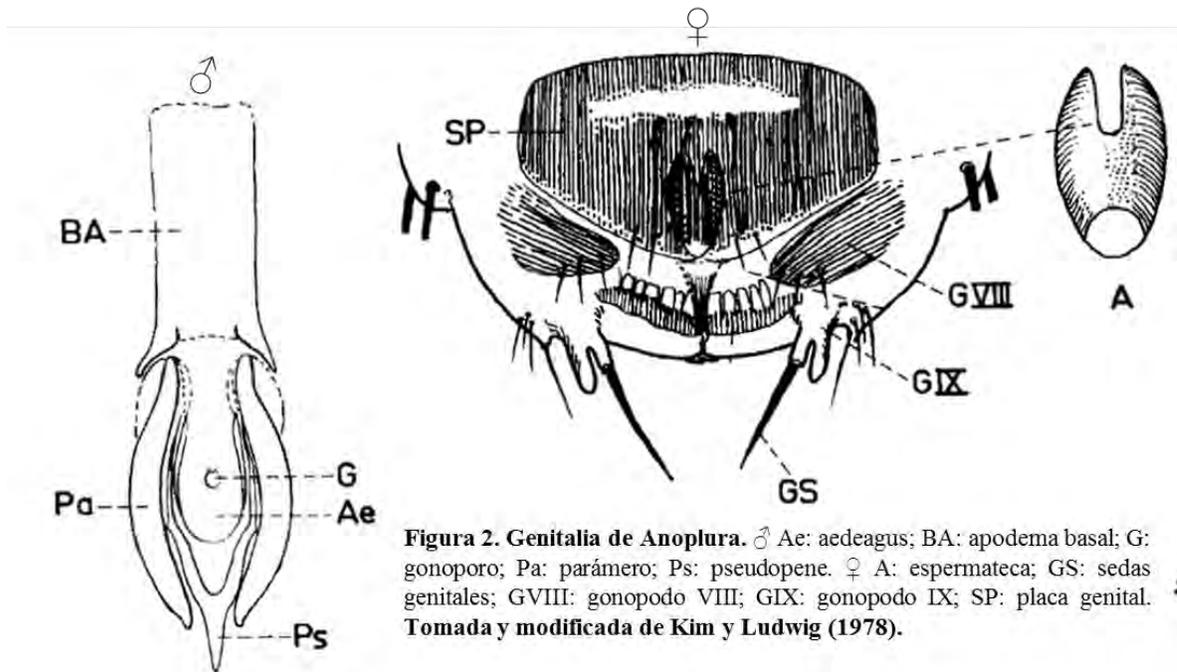


Figura 2. Genitalia de Anoplura. ♂ Ae: aedeagus; BA: apodema basal; G: gonoporo; Pa: parámero; Ps: pseudopene. ♀ A: espermateca; GS: sedas genitales; GVIII: gonopodo VIII; GIX: gonopodo IX; SP: placa genital. Tomada y modificada de Kim y Ludwig (1978).

Una característica fundamental es que son ectoparásitos obligados de mamíferos y aves con un elevado grado de especificidad hospedatoria, siendo un 63% de las especies parasitas de un solo huésped (monoxenas) y solamente un 13% parasitan a cuatro o más huéspedes (oligoxenas) de especies estrechamente emparentadas (Hopla *et al.*, 1994; Durden, 2002; González *et al.*, 2003).

Los piojos pertenecen al orden Phthiraptera, el cual junto con Psocoptera, Thysanoptera y Hemiptera conforma el grupo de los Hemipteroides o Paraneoptera. Se considera que Phthiraptera surgió durante el Cretácico tardío, hace 64 millones de años a partir de un ancestro nidícola que compartía con Psocoptera (Lyal, 1985; Dalglish *et al.*, 2006). Ello se postula debido a los hábitos que presentan algunas especies de psocópteros al incrustarse en la base de las plumas de diversas aves (Kim y Ludwig, 1978a; Lyal, 1985).

Antiguamente se clasificaba a los piojos acorde con la forma de sus estructuras bucales dentro de dos Ordenes: Mallophaga o “piojos masticadores” y Anoplura o “piojos chupadores”. Sin embargo estudios filogenéticos con caracteres morfológicos señalan que el orden Phthiraptera, actualmente se divide en cuatro subórdenes: Amblycera, Ischnocera, Rhyncophthirina y Anoplura (Kim y Ludwig, 1978b; Durden, 2002).

Amblycera se encuentra constituido por 1,182 especies de piojos asociadas con aves y 162 a mamíferos, mientras que Ischnocera cuenta con 2,683 especies parásitas de aves y

377 de mamíferos (Durden, 2002). Ambos subórdenes presentan estructuras masticadoras (las mandíbulas de los primeros articulan de manera horizontal, mientras que en los segundos lo hacen verticalmente) que les permiten alimentarse de piel, pelo y plumas de los respectivos huéspedes aves y/o mamíferos. Rhyncophthirina incluye solamente tres especies parásitas de elefantes y cerdos salvajes, las cuales se caracterizan por presentar una larga probóscide anterior, con pequeñas mandíbulas en su extremo distal (Cruickshank *et al.*, 2001). El suborden Anoplura está constituido por 550 especies que parasitan 12 de los 29 órdenes de mamíferos, los cuales presentan una cabeza cónica más pequeña que el tórax, con antenas cortas de tres a cinco segmentos y un aparato bucal de tipo chupador (Kim y Ludwig, 1978b; Durden, 2002; Light *et al.*, 2010).

Existen diversos mecanismos de transmisión entre los huéspedes: el primero y más común es el contacto parental (durante la lactancia o dormancia) (Kim y Ludwig, 1978b) y el contacto directo entre individuos adultos (durante la cópula, descanso o en el transcurso de peleas) (Glicken y Schawb, 1980; Durden, 2002).

Las infestaciones por piojos presentan un gradiente en las afectaciones causadas al huésped, las cuales pueden ser locales como la pérdida del pelo o plumas o sistémicas que pueden condicionar anemia y la inmunosupresión del huésped. Aunado a ello, los piojos son vectores activos de múltiples agentes patógenos como rickettsias (*Rickettsia prowazekii*, causante del tifo epidémico y transmitida por anopluros) y helmintos (*Dypilidium caninum*, causante de la dipilidiasis y transmitida por el amblycero del perro *Trichodectes canis*) motivo por el cual resultan de importancia médico-veterinaria (Durden, 2002; Tapia, 2006).

Sin embargo, el grupo representa un componente importante del inventario de la diversidad biológica del planeta, debido al elevado número de especies y la estrecha asociación que han establecido con sus huéspedes aves y mamíferos, por lo cual estudios comparativos utilizándolos como indicadores ecológicos, epidemiológicos y evolutivos permitirán dilucidar aspectos de la relación parásito-huésped, su distribución y los mecanismos de selección a los cuales se ven sujetos (Gardner y Campbell, 1992; Brooks *et al.*, 2001).

ANTECEDENTES

Ferris (1951) proporcionó las bases de la taxonomía moderna de los Anopluros y describió la existencia de seis familias, 39 géneros y 255 especies. Posteriormente con el descubrimiento de nuevas especies, Kim y Ludwig (1978b) establecieron la existencia de 468 especies agrupadas en 15 familias y 42 géneros, sin embargo, fue el mismo Kim (1988) quien amplió el inventario a 532 especies. Actualmente se tiene registro de 550 especies de anopluros (Durden y Musser, 1994; Light *et al.*, 2010) distribuidas en 16 familias y 49 géneros; dos tercios de las cuales pertenecen a las familias Hoplopleuridae y Polyplacidae, ambas parásitas de roedores (Durden, 2002).

El suborden Anoplura está representado en nuestro país por 44 especies distribuidas en ocho géneros (*Antarctophthirus*, *Enderleinellus*, *Fahrenholzia*, *Hoplopleura*, *Linognathoides*, *Linognathus*, *Neohaematopinus* y *Polyplax*) y cinco familias (Echinophthiriidae, Enderleinellidae, Hoplopleuridae, Linognathidae y Polyplacidae). 42 de estas especies (95.5%) se encuentran asociadas con 61 especies de roedores pertenecientes a cuatro familias (Cricetidae, Heteromyidae, Muridae y Sciuridae) y 21 géneros (*Hodomys*, *Megadontomys*, *Microtus*, *Neotoma*, *Neotomodon*, *Olygoryzomys*, *Onychomys*, *Oryzomys*, *Peromyscus*, *Reithrodontomys*, *Sigmodon*, *Xenomys*, *Chaetodipus*, *Dipodomys*, *Heteromys*, *Liomys*, *Perognathus*, *Rattus*, *Amnospermophilus*, *Sciurus* y *Spermophilus*) en 28 estados de la República Mexicana, careciendo aún de registros los estados de Aguascalientes, Campeche, Tlaxcala y Yucatán (Sánchez-Montes *et al.*, 2013).

En particular 28 especies de la familia Cricetidae y 13 de la familia Heteromyidae, han sido registradas asociadas con 20 especies de anopluros pertenecientes a cuatro géneros (*Fahrenholzia*, *Hoplopleura*, *Neohaematopinus*, *Polyplax*) y dos familias (Hoplopleuridae y Polyplacidae), en 23 estados de la República Mexicana (Ferris, 1921-1923; Ferris, 1951; Werneck, 1952; Morlan y Hoff, 1957; Johnson, 1962; Kim, 1965; Emerson, 1971; Kim *et al.*, 1986; Durden y Musser, 1994; Ramos-Casillas, 2003; Light y Hafner, 2007; Sánchez-Montes *et al.*, 2013) (Cuadro 1; Figura 3).

Fahrenholzia es el género menos diverso a nivel mundial con solo 12 especies, de las cuales siete se han registrado en el país (58% del total), asociadas con cinco géneros de roedores heterómidos (*Chaetodipus*, *Dipodomys*, *Heteromys*, *Liomys* y *Perognathus*). El

género *Hoplopleura* registra 141 especies a nivel mundial, de las cuales solo se han referido 10 en México (7%), asociadas con nueve géneros de cricétidos: *Megadontomys*, *Microtus*, *Neotoma*, *Oligoryzomys*, *Onychomys*, *Oryzomys*, *Peromyscus*, *Reithrodontomys* y *Sigmodon*. Por otro lado, de las 31 especies del género *Neohaematopinus* identificadas a nivel mundial únicamente se tiene registro de una en México (3.22%) asociada a dos géneros de cricétidos (*Hodomys* y *Neotoma*). En el caso del género *Polyplax*, se han registrado dos especies (3%) en el país, de las 78 a nivel mundial, asociadas únicamente a cuatro géneros de cricétidos: *Microtus*, *Neotomodon*, *Peromyscus* y *Reithrodontomys* (Cuadro 1).

El estado con mayor número de especies registradas de anopluros es Jalisco (7), seguido por Nuevo León (6). Los estados que registraron una sola especie son: Baja California Sur, Colima, Guerrero, Hidalgo y Sonora (Cuadro 2).

Por otra parte, dos de los estados con menor número de registros por especie son Guerrero (1) y Oaxaca (4) pese a que son dos de los cuatro estados con mayor riqueza de especies y un elevado número de endemismos de especies, particularmente de mamíferos (Neyra y Durand, 1998). El estado de Guerrero ocupa el quinto lugar en diversidad de mamíferos en el país con 149 especies pertenecientes a 11 órdenes, 27 familias y 87 géneros (Arita y León-Paniagua, 1993; Almazán *et al.*, 2005), mientras que Oaxaca ocupa el segundo lugar con 191 especies pertenecientes a 10 órdenes, 29 familias y 111 géneros (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004). En este último los roedores se encuentran representados por siete familias, 24 géneros y 56 especies, 14 de las cuales pertenecen a la familia Cricetidae y dos a Heteromyidae, distribuidas en su mayoría en bosque mesófilo de montaña y bosque de pino-encino (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004).

Cuadro 1. Listado de las especies de Anopluros registradas sobre roedores cricétidos y heterómidos en México. ND:
No identificado.

| Especies | Huéspedes | Localidad | Estado | Referencia |
|--|---------------------------------|---------------------|---------------|-------------------------------------|
| Familia Hoplopleuridae | | | | |
| <i>Hoplopleura acanthopus</i> (Burmeister, 1839) | <i>Microtus mexicanus</i> | El Potosí | Nuevo León | Emerson (1971) |
| <i>Hoplopleura arizonensis</i> Stojanovich y Pratt, 1961 ^a | <i>Sigmodon hispidus</i> | Pisté | Yucatán | Emerson (1971) |
| | <i>Sigmodon toltecus</i> | La Paila | Coahuila | Emerson (1971) |
| | | Paila-Parras | Coahuila | Emerson (1971) |
| | | Parras | Coahuila | Emerson (1971) |
| <i>Hoplopleura difficilis</i> Kim, 1965 | <i>Peromyscus difficilis</i> | Lagunas de Zempoala | Morelos | Sánchez-Montes <i>et al.</i> (2013) |
| <i>Hoplopleura emphereia</i> Kim, 1965 | <i>Megadontomys cryophilus</i> | Cerro Pelón | Oaxaca | Emerson (1971) |
| | <i>Peromyscus guatemalensis</i> | Unión Juárez | Chiapas | Emerson (1971) |
| | <i>Peromyscus megalops</i> | Omiltemi | Guerrero | Emerson (1971) |
| | <i>Peromyscus sp.</i> | Ciudad Guzmán | Jalisco | Emerson (1971) |
| <i>Hoplopleura ferrisi</i> Cook y Beer, 1959 | <i>Peromyscus levipes</i> | Nevado de Colima | Jalisco | Emerson (1971) |
| | | Zapotlanejo | Jalisco | Emerson (1971) |
| | <i>Peromyscus spicilegus</i> | El Salto | Durango | Emerson (1971) |
| | | Tepic | Nayarit | Emerson (1971) |
| | | ND | Sinaloa | Emerson (1971) |
| | <i>Peromyscus sp.</i> | Laguna de Zempoala | Morelos | Emerson (1971) |

| Especies | Huéspedes | Localidad | Estado | Referencia |
|--|-----------------------------------|--|------------------|-----------------------|
| <i>Hoplopleura hesperomydis</i> (Osborn, 1891) | <i>Peromyscus melanotis</i> | Nevado de Toluca | Estado de México | Emerson (1971) |
| | | Nevado de Colima | Jalisco | Emerson (1971) |
| | <i>Onychomys leucogaster</i> | Camino “El Paso-Ciudad de Chihuahua”, a 55 km S de Ciudad Juárez | Chihuahua | Morlan y Hoff (1957) |
| <i>Hoplopleura hirsuta</i> Ferris, 1916 | <i>Neotoma micropus</i> | Matamoros | Tamaulipas | Ramos-Casillas (2003) |
| | <i>Sigmodon arizonae</i> | Los Mochis | Sinaloa | Emerson (1971) |
| | <i>Sigmodon hirsutus</i> | San Clemente | Chiapas | Emerson (1971) |
| | | Tapachula | Chiapas | Emerson (1971) |
| | | Pesquería | Nuevo León | Ramos-Casillas (2003) |
| | <i>Sigmodon ochrognathus</i> | El Salto | San Luis Potosí | Emerson (1971) |
| | | Parral | Chihuahua | Ferris (1921) |
| <i>Xenomys nelsoni</i> | Hacienda Magdalena | Colima | Ferris (1921) | |
| <i>Hoplopleura quadridentata</i> (Neumann, 1909) | <i>Oryzomys rostratus</i> | Altamira | Tamaulipas | Ferris (1922) |
| <i>Hoplopleura reithrodontomydis</i> Ferris, 1951 | <i>Reithrodontomys chrysopsis</i> | Ajusco | Distrito Federal | Ferris (1951) |
| <i>Hoplopleura similis</i> Kim, 1965 | <i>Oligoryzomys fulvescens</i> | Orizaba | Veracruz | Kim (1965) |

| Especies | Huéspedes | Localidad | Estado | Referencia |
|---|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| Familia Polyplacidae | | | | |
| <i>Fahrenholzia ehrlichi</i> Johnson, 1962 | <i>Chaetodipus hispidus</i> | San Antonio Allende | Nuevo León | Ramos-Casillas (2003) |
| | <i>Chaetodipus penicillatus</i> | San Antonio Allende | Nuevo León | Ramos-Casillas (2003) |
| | <i>Liomys irroratus</i> | Ixmiquilpan | Hidalgo | Emerson (1971) |
| | | Acatlán de Juárez | Jalisco | Johnson (1962) |
| | | Atamejac | Jalisco | Johnson (1962) |
| | | Encarnación de Díaz | Jalisco | Johnson (1962) |
| | | Etzatlán | Jalisco | Emerson (1971) |
| | | 16 km NNE Ameca | Jalisco | Light y Hafner (2007) |
| | | 11 km (por carretera) SO Alchichica | Puebla | Light y Hafner (2007) |
| | | 6 km N Tilapa | Puebla | Light y Hafner (2007) |
| | | 3 km (por carretera) NE Tilapa | Puebla | Light y Hafner (2007) |
| | | El Salto | San Luis Potosí | Emerson (1971) |
| | | Matamoros | Tamaulipas | Johnson (1962) |
| | | 3.2 km E San Jerónimo | Zacatecas | Light y Hafner (2007) |
| | | Valparaíso | Zacatecas | Johnson (1962) |
| <i>Fahrenholzia ferrisi</i> Werneck, 1952 | <i>Heteromys desmarestianus</i> | Achotal | Veracruz | Werneck (1952) |
| | | 8 km ENE Catemaco | Veracruz | Light y Hafner (2007) |
| | <i>Heteromys gaumeri</i> | Pisté | Yucatán | Emerson (1971) |

| Especies | Huéspedes | Localidad | Estado | Referencia |
|---|---------------------------------|--|---------------|-----------------------|
| <i>Fahrenholzia microcephala</i> Ferris, 1922 | <i>Liomys irroratus</i> | ND | ND | Ferris (1951) |
| | <i>Liomys pictus</i> | 4.5 km SO Jilotlán | Jalisco | Light y Hafner (2007) |
| | | Tepic | Nayarit | Emerson (1971) |
| | | Mazatlán | Sinaloa | Emerson (1971) |
| | | San Ignacio | Sinaloa | Emerson (1971) |
| | | Santa Lucía | Sinaloa | Emerson (1971) |
| | | Estación Biológica “La Mancha” | Veracruz | Light y Hafner (2007) |
| | | San Carlos | Veracruz | Ferris (1951) |
| <i>Fahrenholzia pinnata</i> Kellogg y Ferris, 1915 | <i>Chaetodipus penicillatus</i> | Camino “El Paso-Ciudad de Chihuahua”, a 55 km S de Ciudad Juárez | Chihuahua | Morlan y Hoff (1957) |
| | <i>Dipodomys deserti</i> | Kino | Sonora | Emerson (1971) |
| | <i>Dipodomys merriami</i> | 2 km S Santa Teresa | Coahuila | Light y Hafner (2007) |
| | | Camino “El Paso-Ciudad de Chihuahua”, a 55 km S de Ciudad Juárez | Chihuahua | Morlan y Hoff (1957) |
| | <i>Dipodomys merriami</i> | 9.6 km NO Ricardo Flores Magón | Chihuahua | Light y Hafner (2007) |
| | | Kino | Sonora | Emerson (1971) |
| | <i>Dipodomys nelsoni</i> | 5 km S, 16 km O General Cepeda | Coahuila | Light y Hafner (2007) |
| | <i>Dipodomys ordii</i> | 3.2 km E Agua Nueva | Coahuila | Light y Hafner (2007) |
| | | 1.6 km SE Bañón | Zacatecas | Light y Hafner (2007) |

| | Huéspedes | Localidad | Estado | Referencia |
|--|-----------------------------|--|----------------------------|--------------------------|
| | <i>Dipodomys phillipsii</i> | Amecameca | Estado de México | Ferris (1922) |
| | | 11 km (por carretera) SO Alchichica | Puebla | Light y Hafner (2007) |
| | | 3.2 km E San Jerónimo | Zacatecas | Light y Hafner (2007) |
| | | Valparaíso | Zacatecas | Ferris (1922) |
| | <i>Dipodomys sp.</i> | Paila | Coahuila | Emerson (1971) |
| | <i>Perognathus flavus</i> | 3.1 km SO El Veladero | Puebla | Light y Hafner (2007) |
| <i>Fahrenholzia reducta</i> Ferris, 1922 | <i>Chaetodipus baileyi</i> | Miraflores | Baja California Sur | Emerson (1971) |
| <i>Fahrenholzia zacatecae</i> Ferris, 1922 | <i>Chaetodipus hispidus</i> | 5 km S, 16 km W General Cepeda | Coahuila | Light y Hafner (2007) |
| | | Valparaíso | Zacatecas | Ferris (1922) |
| <i>Fahrenholzia texana</i> Stojanovich y Pratt, 1961b | <i>Liomys irroratus</i> | Hacienda Atotonilco | Durango | Light y Hafner (2007) |
| | | ND | Oaxaca | Kim <i>et al.</i> (1986) |
| <i>Neohaematopinus neotomae</i> Ferris, 1942 | <i>Hodomys alleni</i> | Manzanillo | Colima | Ferris (1942) |
| | | Concepción “La Barrigona” | Sinaloa | Emerson (1971) |
| | <i>Neotoma leucodon</i> | Dr. Arroyo | Nuevo León | Ramos-Casillas (2003) |
| | <i>Netoma micropus</i> | Lampazos | Nuevo León | Ramos-Casillas (2003) |
| <i>Neohaematopinus sp.</i> Mjöberg, 1910 | <i>Neotoma mexicana</i> | Borde de Durango y Sinaloa | Borde de Durango y Sinaloa | Emerson (1971) |
| | <i>Neotoma phenax</i> | Los Mochis | Sinaloa | Emerson (1971) |

| Especies | Huéspedes | Localidad | Estado | Referencia |
|---|-------------------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <i>Polyplax alaskensis</i> Ewing, 1927 | <i>Microtus mexicanus</i> | Nevado de Colima | Jalisco | Emerson (1971) |
| | | Lagunas de Zempoala | Morelos | Emerson (1971) |
| | | El Potosí | Nuevo León | Emerson (1971) |
| | | Llano de las Flores | Oaxaca | Emerson (1971) |
| <i>Polyplax auricularis</i> Kellogg y Ferris, 1915 | <i>Neotomodon alstoni</i> | ND | Distrito Federal | Ferris (1923) |
| | <i>Peromyscus difficilis</i> | Buenos Aires | Durango | Emerson (1971) |
| | <i>Peromyscus hylocetes</i> | Nevado de Colima | Jalisco | Emerson (1971) |
| | <i>Peromyscus maniculatus</i> | Ojo Tongo | Durango | Emerson (1971) |
| | | Cerro Potosí | Nuevo León | Emerson (1971) |
| | <i>Peromyscus melanotis</i> | Nevado de Toluca | Estado de México | Emerson (1971) |
| | | Nevado de Colima | Jalisco | Emerson (1971) |
| | <i>Peromyscus zarhynchus</i> | Tzontehuitz | Chiapas | Emerson (1971) |
| | <i>Peromyscus sp.</i> | Ojo Tongo | Durango | Emerson (1971) |
| <i>Reithrodontomys mexicanus</i> | Tehuantepec | Oaxaca | Ferris (1951) | |

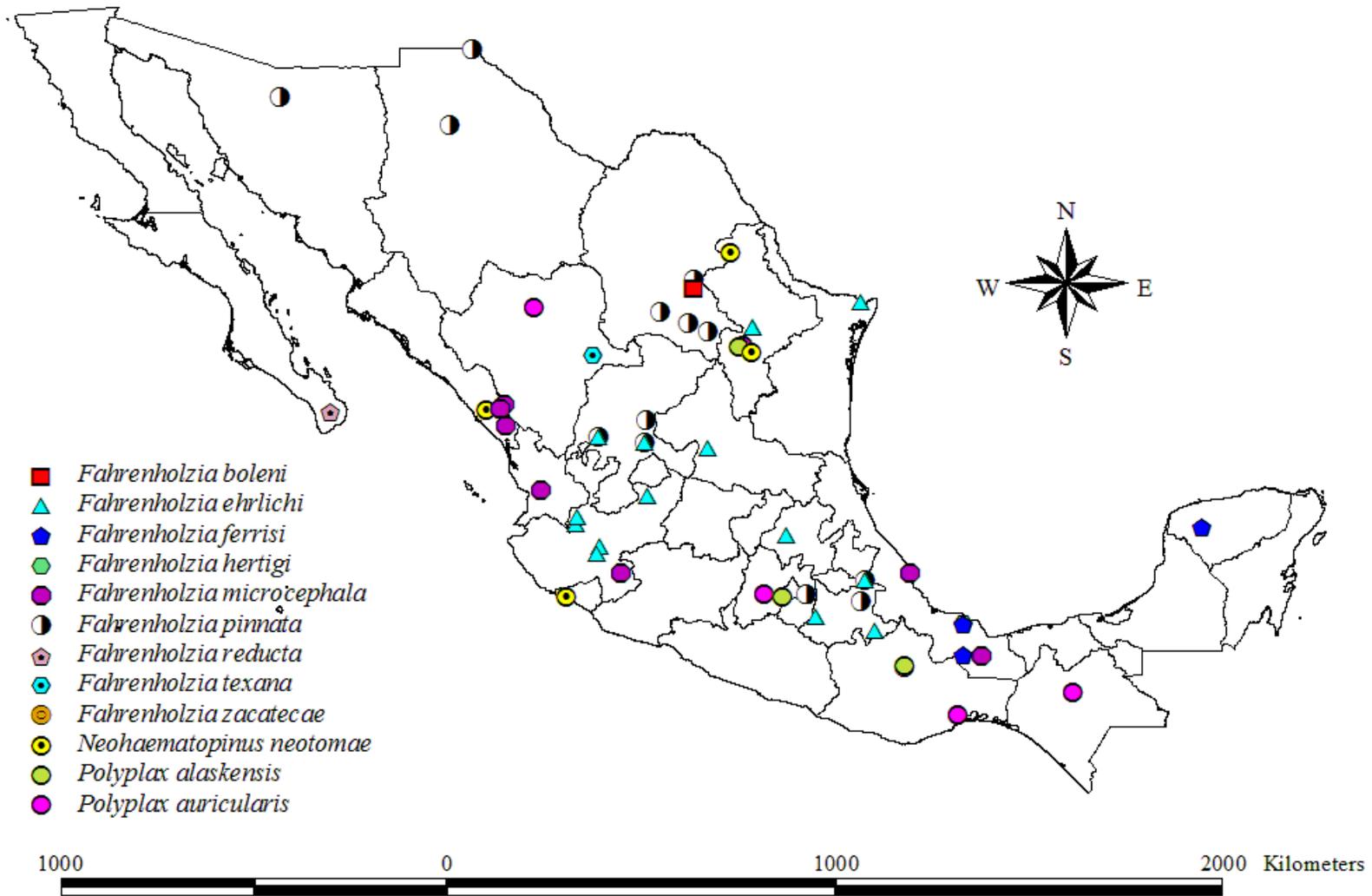


Figura 3. Distribución geográfica de las especies de anopluros asociadas con roedores cricétidos y heterómidos en México.

Cuadro 2. Relación por estado de los anopluros asociados con roedores cricétidos y heterómidos en México.

| Estado | No. de especies de anopluros | No. de especies de huéspedes | No. de localidades |
|---------------------|---|---|-------------------------------|
| Baja California Sur | 1 | 1 | 1 |
| Chiapas | 3 | 3 | 4 |
| Chihuahua | 3 | 4 | 3 |
| Coahuila | 3 | 5 | 6 |
| Colima | 1 | 1 | 1 |
| Distrito Federal | 2 | 2 | 2 |
| Durango | 3 | 4 | 4 |
| Estado de México | 3 | 2 | 2 |
| Guerrero | 1 | 1 | 1 |
| Hidalgo | 1 | 1 | 1 |
| Jalisco | 7 | 5 | 9 |
| Morelos | 3 | 2 | 1 |
| Nayarit | 2 | 2 | 1 |
| Nuevo León | 6 | 7 | 7 |
| Oaxaca | 4 | 4 | 3 |
| Puebla | 2 | 2 | 4 |
| San Luis Potosí | 2 | 2 | 1 |
| Sinaloa | 3 | 3 | 4 |
| Sonora | 1 | 2 | 1 |
| Tamaulipas | 3 | 3 | 2 |
| Veracruz | 3 | 3 | 5 |
| Yucatán | 2 | 2 | 2 |
| Zacatecas | 3 | 4 | 3 |

En México no se han realizado estudios sistematizados sobre la taxonomía, filogenia y distribución sobre los anopluros parásitos de roedores cricétidos y heterómidos. Los registros con los que se cuenta datan del periodo comprendido entre los años 20s y 60s, posteriormente solamente se registraron tres nuevas aportaciones al grupo: el trabajo de Ramos-Casillas (2003) donde se proporcionaron nuevos registros de anopluros, huéspedes y localidades para el Norte del país, así como su importancia

como vectores; el compendio de Whitaker y Morales-Malacara (2005) donde se enlistan las especies de anopluros asociadas con roedores y finalmente los trabajos de coevolución parásito-huésped de Light y Hafner (2007) donde se realizaron valiosas aportaciones en cuanto a datos moleculares de diversas especies del género *Fahrenholzia* colectadas en el país. Recientemente Sánchez-Montes *et al.* (2013) realizaron una recopilación y actualización de los registros de anopluros asociados con los mamíferos silvestres de México, incluyendo los registros geográficos y una lista huésped-parásito.

Aunado a ello es importante reconsiderar la importancia de este grupo en materia de salud pública, debido a su potencial como vectores de múltiples zoonosis, entre ellas la tularemia y el tifo epidémico. En el caso de esta última, se tiene conocimiento que las ardillas voladoras del género *Glaucomys* habitantes de bosques montañosos de pino-encino desde Tamaulipas hasta la parte central de Chiapas, son portadoras de la bacteria *Rickettsia prowazeki* (agente etiológico del tifo) y que sus anopluros (*Hoplopleura trispinosa*) son capaces de transmitirlo, sin embargo, se desconoce el papel que juegan otros roedores y sus ectoparásitos en la dispersión y mantenimiento de la enfermedad en la naturaleza (Azad y Beard, 1998; SINAVE, 2006). Por tal motivo es necesario elaborar un listado de las especies de anopluros y sus respectivos huéspedes roedores, para proporcionar la información necesaria para la caracterización de potenciales vectores.

Por otro lado, debido al elevado número de especies de roedores registradas en Guerrero y Oaxaca, es posible suponer la existencia de especies de anopluros no descritas hasta el momento y dada su elevada especificidad hospedatoria, podrían coadyuvar en la resolución de la filogenia de los huéspedes y proporcionar la pauta para la elaboración de estudios biogeográficos y de coevolución de ambos grupos.

BIOLOGÍA DE LOS HUÉSPEDES

La familia Cricetidae se encuentra representada en México por 127 especies pertenecientes a 22 géneros, tres de ellos, *Peromyscus*, *Neotoma* y *Reithodontomys* los que presentan la mayor riqueza específica con distribuciones geográficas restringidas.

Por otro lado la familia Heteromyidae se conforma por 60 especies pertenecientes a seis géneros, todos restringidos al continente Americano. Para México se tienen registradas 42 especies de cinco géneros, las cuales presentan distribuciones geográficas extensas, particularmente en zonas áridas y semiáridas del territorio nacional.

A continuación se enlistan las especies de huéspedes analizadas en el presente trabajo, junto con una breve descripción de los mismos, su distribución en México, hábitat y hábitos.

Familia Cricetidae

***Habromys schmidly* Romo-Vázquez, León-Paniagua & Sánchez**

Es la segunda especie más pequeña del género *Habromys*, la cual presenta una coloración dorsal café castaño y ventral blanca, con un cuello estrecho con una tonalidad amarillenta y una línea lateral ocre. La cola es larga y bicolor, oscura en la región dorsal y blanca en la ventral, la cual es pincelada en su extremo final. Es una especie endémica del territorio nacional, restringida a la Sierra de Taxco en los estados de Guerrero y México, alrededor de los 1800 msnm en bosque mesófilo de montaña. Se conoce muy poco acerca de la biología de esta especie, la cual se considera como poco abundante, sin embargo, se reconoce que es una especie semiarbórea que usa las bromelias como refugios y puede encontrarse en árboles muertos caídos (Romo-Vázquez *et al.*, 2005).

***Megadontomys thomasi* (Merriam)**

Es la especie más grande del género, la cual exhibe un pelaje largo y espeso, café oscuro mezclado con negro en la zona dorsal y blanco cremoso en la región ventral. La nariz y zona orbital son de color blanco, mientras que las extremidades son blancas.

Presenta una larga cola, con una longitud mayor que el cuerpo del animal. Es endémica del territorio nacional, se distribuye en las regiones elevadas de la Sierra Madre del Sur de Guerrero entre los 3000-3500 msnm, en bosque mesófilo de montaña y bosque de pino-encino. Son organismos nocturnos, solitarios los cuales pueden trepar a los árboles en caso de sentirse amenazados (Peña y Domínguez, 2005).

***Neotoma mexicana* Baird**

Es una rata de tamaño mediano cuyo grueso pelaje exhibe una coloración dorsal que varía del gris claro hasta el café rojizo (dependiendo de la subespecie), con los costados de color café-amarillento y el vientre blanquecino o amarillento (con pelos grisáceos). La cola presenta un pelaje negro en la parte dorsal y gris en la ventral. Es una especie de amplia distribución, la cual se localiza en los estados de: Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Estado de México, Nuevo León, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, San Luis Potosí, Sonora, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas, exceptuando los estados de la Península de Baja California y de las regiones tropicales del país. Se localiza desde el nivel del mar hasta los 4045 msnm, en diversos ecosistemas como bosque de pino-encino, matorral de manzanita y encino arbustivo, matorral espinoso y pastizal. Es una especie de hábitos nocturnos la cual presenta su mayor actividad entre el crepúsculo y la media noche, con una mayor actividad en época de secas. Se le encuentra asociada con afloramientos rocosos, pendientes y acantilados. Presenta dos picos en la actividad reproductiva durante el año: de mayo a junio y de septiembre a noviembre. Las hembras construyen los nidos en huecos de árboles, grietas, construcciones abandonadas y madrigueras de otros vertebrados, las cuales se forran de material vegetal (Zarza y Ceballos, 2005a).

***Peromyscus aztecus* (Saussure)**

Es un ratón grande con una coloración dorsal que va del café canela al ocre, mezclado con negro o rojizo (dependiendo de la subespecie) y de un tono crema en la zona ventral, con las patas blancas. La cola bicolor es del mismo tamaño que el cuerpo y la cabeza en conjunto. Esta especie queda restringida a la zona montañosa del centro y sureste de México en: la Sierra Madre Oriental (Puebla y Veracruz), las montañas de Guerrero y

Oaxaca y en el este de Oaxaca y Chiapas. Se localiza entre los 500-3200 msnm, en bosque tropical caducifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino, bosque húmedo de pino-encino y zonas perturbadas como plantaciones de café, azúcar y caña. Son organismos nocturnos, solitarios los cuales pueden habitar zonas inhóspitas con poca cubierta vegetal como derrames lávicos (Ramírez-Pulido *et al.*, 2005a).

***Peromyscus beatae* Thomas**

Ratón mediano con pelaje color café oscuro con una franja de pelo negruzco en la línea media del dorso, con los costados de una tonalidad café tabaco con una delgada línea naranja que va de las mejillas a las extremidades traseras. La región ventral es blanca en la punta, con un mechón negro. Las extremidades traseras son blancas, oscureciéndose hacia los tobillos. La cola es de un tamaño muy parecido a la longitud del cuerpo y la cabeza juntos.

Es una especie endémica del territorio nacional, se localiza desde el sureste de Hidalgo y el norte de Puebla hasta el oeste del centro de Veracruz y noroeste de Oaxaca, la cual se distribuye entre los 1371-3810 msnm, en bosque de coníferas, bosque mixto de pino-encino, bosque de encino y bosque tropical perennifolio. Son organismos nocturnos, solitarios los cuales requieren de suelos rocosos y derrames lávicos con matorrales para su sobrevivencia (Rojas-Martínez, 2005).

***Peromyscus megalops* Merriam**

Es un ratón grande dentro de su género, que exhibe un pelaje largo y espeso con una coloración dorsal que va del paro-rojizo al café ocre (más oscura en la región auricular), con los costados más claros y la zona ventral de color crema o amarillento. Las extremidades son blancas en contraste con el codillo oscuro, mientras que la cola es bicolor, oscura de manera dorsal y moteada en la ventral. Es una especie endémica del territorio nacional, se localiza en la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca y en serranías adyacentes al sur del Nevado de Toluca, la cual se distribuye entre los 1500-3000 msnm, en bosque de pino, bosque de pino-encino y bosques de galería. Es una especie poco conocida la cual se encuentra principalmente a las orillas de ríos y

arroyos, en zonas ricas en hojarasca, musgos y troncos, con afloramientos rocosos cubiertos de musgos (Zarza y Ceballos, 2005b).

***Peromyscus melanurus* Osgood**

Es un ratón grande que exhibe un pelaje corto de una coloración que va del café al ocre en la región dorsal, con las extremidades y el vientre de color blanco. La cola es más larga que el cuerpo y de color negro. Es una especie endémica del territorio nacional, la cual solo se localiza en las laderas orientadas hacia el Pacífico de la Sierra Madre del Sur en una porción del estado de Oaxaca, la cual se distribuye entre los 700-1900 msnm, en bosque de pino-encino (en la porción más alta de su distribución) y en bosque tropical subcaducifolio en altitudes menores. Se conoce poco de la biología de esta especie, ya que solo se le ha referido en trabajos de carácter taxonómico y de reconocimiento de su área de distribución. Se considera que probablemente es de hábitos nocturnos, con un ciclo reproductivo a lo largo de todo el año (Castro-Arellano, 2005).

***Reithrodontomys bakeri* Bradley, Mendez-Harclerode, Hamilton y Ceballos**

Es un ratón de tamaño mediano con respecto a otras especies del género, que exhibe una coloración café canela, con la base del pelo gris plomo, el costado amarillento y la región ventral de color blanquecino. Los miembros posteriores presentan una banda oscura que se extiende desde el tobillo hacia los dedos. La cola es de color gris oscuro, con escaso pelaje en la base que abunda conforme se extiende hacia la punta. Es una especie endémica del territorio nacional, únicamente se ha registrado en Filo de Caballo y Omiltemi en la Sierra Madre de Guerrero, la cual se localiza en bosques de pino-encino asociadas a bosque mesófilo de montaña en regiones montañosas del estado de Guerrero. Se conoce muy poco acerca de su biología, pese a que se le ha recolectado en trampas de suelo es posible que sea de hábitos semiarborícolas (Ceballos *et al.*, 2005).

***Reithrodontomys mexicanus* (Saussure)**

Ratón relativamente grande que exhibe una coloración dorsal que va del café amarillento al café anaranjado (con gran variación entre las subespecies), la región ventral que va del crema hacia el canela y la cola la cual es uniformemente oscura. Se le encuentra

desde el sur de Tamaulipas y Michoacán hasta Oaxaca y Chiapas, entre los 90-1800 msnm en bosque de pino-encino, bosque mesófilo y bosque tropical subcaducifolio. Son organismos arborícolas de hábitos nocturnos, los cuales se han recolectado sobre diversas especies de árboles en regiones boscosas, mientras que en zonas áridas se mantiene a lo largo de ríos y otros cuerpos de agua donde subsisten los árboles de los cuales se alimenta. Su época reproductiva va de junio a agosto (Sánchez y Ceballos, 2005).

***Reithrodontomys sumichrasti* (Saussure)**

En un ratón con una coloración dorsal que varía del canela oscuro a plumizo y anaranjado, la cual se oscurece en la porción lateral y las mejillas. El vientre por otro lado es claro y va del canela al pardo o ante rosado. La cola exhibe diversos grados de pardo, con extremidades oscuras en la región tarsal mientras que en la porción dorsal de la pata trasera se puede observar una gama de colores que van del blanco hacia el canela rosado. Esta especie se distribuye en el Eje Neovolcánico Transversal (Colima, Distrito Federal, Estado de México, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos), una pequeña porción de la Sierra Madre Oriental (Querétaro, Puebla, Veracruz) y las montañas de la Sierra Madre del Sur (Chiapas, Guerrero, Oaxaca), entre los 800-3200 msnm, en una amplia gama de ecosistemas como pastizal, vegetación arbustiva, bosque de pino y encino, bosque mesófilo de montaña, bosque subtropical y diversos ambientes perturbados por acción del hombre como cultivos de maíz, caña de azúcar y plantaciones de mango (Ramírez-Pulido *et al.*, 2005b).

Familia Heteromyidae

***Liomys pictus* (Thomas)**

Ratón mediano con el cuerpo y la cola de la misma longitud, con pelaje de aspecto espinoso con una coloración café-ocre en la región dorsal y amarillenta en los laterales. La cola está cubierta por pelo oscuro en el dorso y claro en el vientre. Se localiza en zonas áridas y semiáridas de la vertiente del Pacífico (desde Sonora hasta Chiapas) y en la vertiente del Golfo (en el noroeste de Veracruz), desde el nivel del mar hasta los

2045 msnm en diversos ecosistemas como: matorrales xerófilos, selvas bajas, selvas espinosas, bosques de pino-encino, vegetación perturbada, cultivos y huertos. Son organismos nocturnos, solitarios que únicamente forman parejas en época reproductiva (hasta el nacimiento de las crías). Construyen madrigueras subterráneas, con 1-3 nidos los cuales presentan una gran cantidad de hojas las cuales se usan para el descanso de las crías (Domínguez y Ceballos, 2005).

OBJETIVOS

General

Determinar la riqueza y abundancia de anopluros asociados con roedores cricétidos y heterómidos de bosques montañosos de los estados de Guerrero y Oaxaca, México.

Particulares

- ✚ Identificar morfológicamente las especies de anopluros asociadas con roedores cricétidos y heterómidos recolectadas en cinco localidades de los estados de Guerrero y Oaxaca.

- ✚ Caracterizar molecularmente las especies de anopluros a través del gen Citocromo Oxidasa Subunidad I (COI).

- ✚ Caracterizar los niveles de infestación con base en parámetros ecológicos como: prevalencia, abundancia, intensidad promedio e intervalo de intensidad.

- ✚ Elaborar un mapa de distribución geográfica de las especies de anopluros encontradas.

ÁREA DE ESTUDIO

Se realizaron cuatro muestreos en dos localidades del estado de Guerrero y tres del estado de Oaxaca, México, las cuales forman parte de la provincia biogeográfica de la Sierra Madre del Sur (Morrone, 2005) como parte del proyecto “Helmintos y ácaros asociados a roedores cricétidos (Muroidea: Cricetidae) de bosques montañosos de dos provincias biogeográficas de México” durante el periodo comprendido entre abril y diciembre del año 2010 (Cuadro 3; Figura 4).

Cuadro 3. Localidades de colecta de roedores cricétidos y heterómidos

| Estado | Localidad | Referencia geográfica | Fechas de colecta |
|-----------------|---|--|-------------------------------|
| Guerrero | Parque Estatal Cerro del Huizteco, Municipio de Taxco | 99.60851°W 18.60227°N 2499 msnm | 30 Julio-4 de agosto del 2010 |
| | Puerto del Gallo, Municipio de Gral. Heliodoro Castillo | 100.17661°W 17.48013°N 2584 msnm | 06-12 de diciembre del 2010 |
| Oaxaca | La Yerba Buena, Municipio de Santa Catarina Juquila | 97.2833°W 16.2333°N 1710 msnm | 30 abril-5 de mayo del 2010 |
| | 3 km al Sur del Punto Ixtepeji, Municipio de Ixtlán de Juárez | 96.59117°W 17.20177° N 2537 msnm | 22-25 de noviembre del 2010 |
| | Km 134.5 de la Carretera 175 Oaxaca-Tuxtepec a 21 Km al Norte de Guelatao | 96.49814°W 17.41950°N 2919 msnm | 22-25 de noviembre del 2010 |

Guerrero (Figura 4)

Parque Estatal Cerro del Huizteco, Municipio de Taxco

El municipio de Taxco colinda en su porción norte con el estado de Morelos y forma parte de la Sierra de Taxco (de origen volcánico) por lo cual un 75% de las zonas son escarpadas o accidentadas. Presenta múltiples ríos, entre ellos el río Taxco, Ictaepec, San Juan y Temixco, los cuales constituyen junto con otros afluyentes las subcuencas de San Marcos y Cacalotenango (INAFEDa, 2010).

El clima es templado subhúmedo, lo cual ha permitido que se establezcan bosques de pino-encino. Estos albergan a una gran cantidad de mamíferos como el venado, tejón, zorrillo, armadillo, mapache, coyote, gato montés y diversas especies de roedores (INAFEDa, 2010).

Puerto del Gallo, Municipio de Gral. Heliodoro Castillo

Este municipio colinda al sur con los municipios de Coyuca de Benítez, Chilpancingo y Atoyac. Forma parte de la Sierra Madre del Sur y las elevaciones más altas son los cerros de Teetepec (3550 msnm) y Tlacotepec (3220 msnm) (INAFEDa, 2010).

Su hidrografía se ve compuesta por el río Balsas y las barrancas de Yextla, Izote y Campo Morado, las cuales originan el río Tetela. El clima es subhúmedo templado, con una temperatura media anual de 22°C, con una oscilación térmica de 5-7°C, con lluvias de junio a octubre (registrándose una precipitación anual de 1650 mm³). La vegetación se compone de bosque de pino-encino y bosque mesófilo de montaña (2200-2500 msnm). Entre las especies de mamíferos reportadas se encuentran el venado cola blanca, coyote, puma, ocelote, roedores, ardillas y conejos (INAFEDa, 2010).

Oaxaca (Figura 4)

La Yerba Buena, Municipio de Santa Catarina Juquila

El Municipio de Santa Catarina Juquila limita en su porción norte con el municipio de Santiago Minas, se encuentra conformado por un sistema montañoso perteneciente a la Sierra Madre del Sur. Cuenta con la afluencia de cuatro ríos, que desembocan en el río hoja, el cual junto con otros ríos dan vida a la laguna de Chacahua en el océano Pacífico (INAFEDb, 2010).

El clima es templado-húmedo con una temperatura promedio de 16°C, con una máxima de 20° y una mínima de 12°C. La precipitación media anual es de 854 mm, con una época de lluvias entre mayo y septiembre y una de secas entre octubre y abril. La vegetación se encuentra conformada por bosques de pino-encino, que albergan en su interior al venado, tejón, armadillo y roedores (INAFEDb, 2010).

3 km al Sur del Punto Ixtepeji, Municipio de Ixtlán de Juárez

El municipio pertenece al Distrito de Ixtlán de Juárez, en la Sierra Norte de Oaxaca. Colindante en su porción sur con el municipio de Guelatao de Juárez, su orografía exhibe tres elevaciones de gran tamaño: La Cumbre, la cual se encuentra a 3,200 msnm, Raanita y La Guetzi. El municipio cuenta con cinco ríos: Río Grande, Río Soyolapan, Río de las Codornices, Río de las Calaveras y el Río Raanita (INAFEDb, 2010).

El clima es templado frío con lluvias en verano y heladas en invierno. La vegetación se encuentra conformada por bosque mesófilo de montaña, con diversas especies de encinos y zarzas. La mastofauna es muy variada, con registro de cacomixtle, coyote, puercoespín, zorrillo, armadillo, tlacuache, ocelote, nutria, venado cola blanca, oso hormiguero y diversas especies de roedores (INAFEDb, 2010).

Km 134.5 de la Carretera 175 Oaxaca-Tuxtepec, Municipio de Guelatao

Al igual que el municipio de Ixtlán de Juárez (con el cual colinda en la porción norte), este municipio pertenece al Distrito de Ixtlán de Juárez en la Sierra Norte de Oaxaca. Es un municipio pequeño que presenta como principal afluente al Río Grande. El clima es templado (llegando a ser frío) con lluvias en verano y heladas en invierno, que condicionan la existencia de bosques de pino-encino. Entre la mastofauna se encuentran: el cacomixtle, coyote, puercoespín, zorrillo, armadillo, tlacuache, ocelote, nutria, gato montés, tejón, venado cola blanca, oso hormiguero y varias especies de roedores como la ardilla voladora (INAFEDb, 2010).

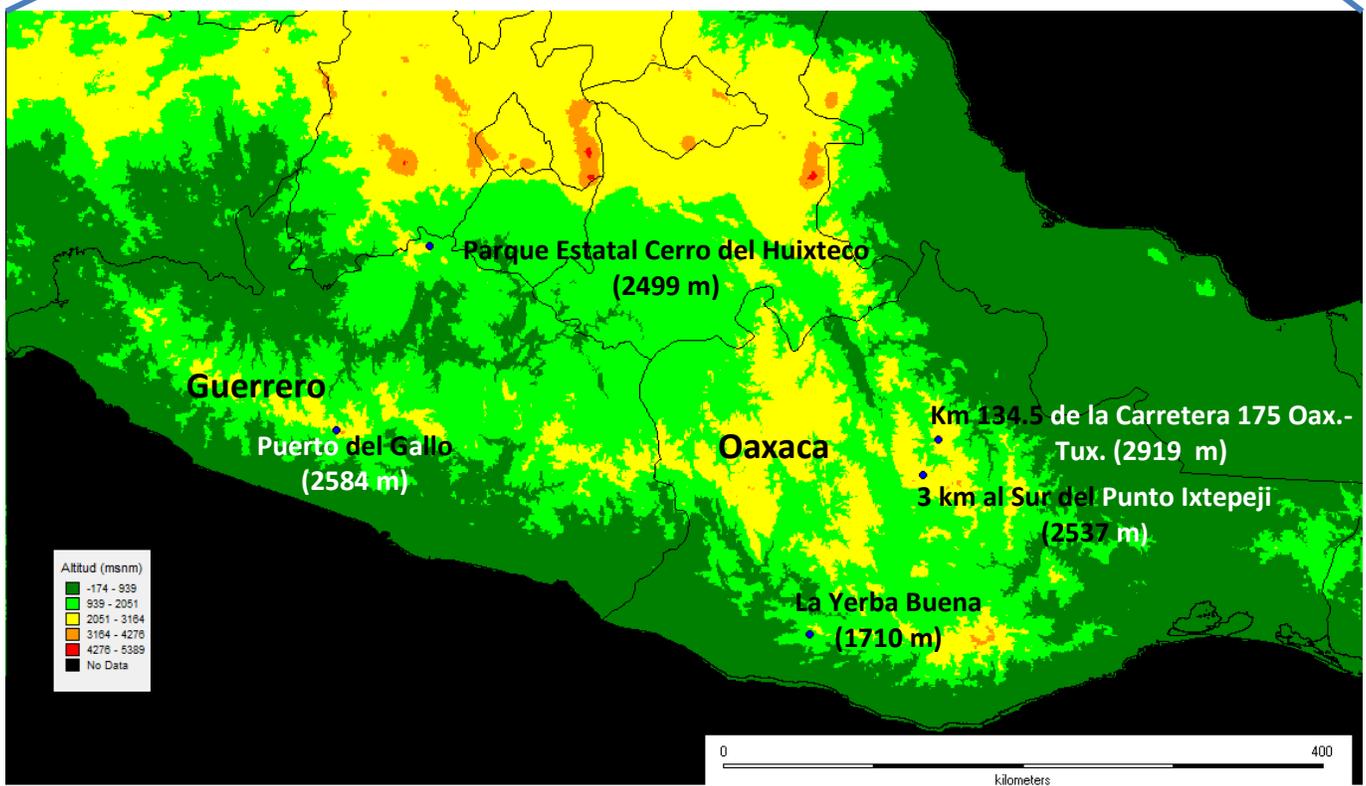
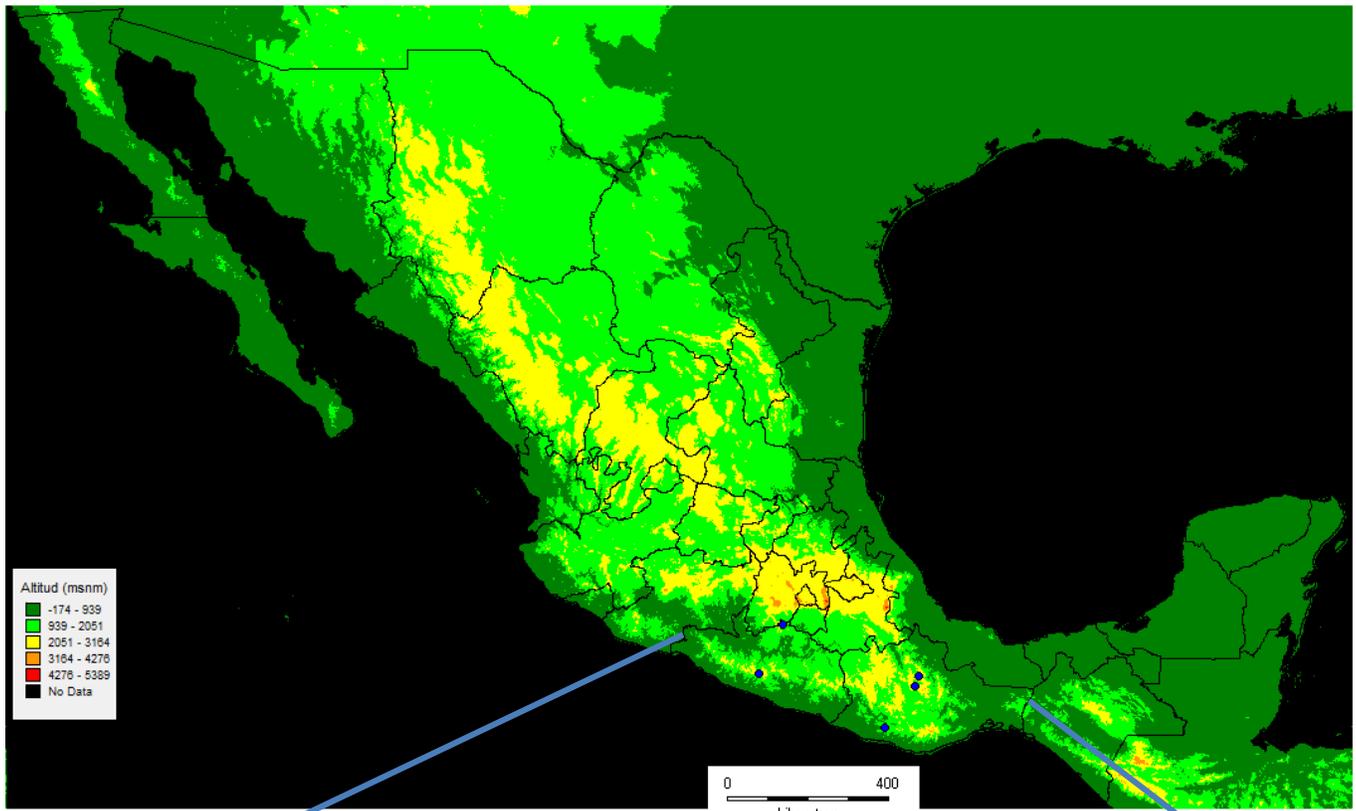


Figura 4. Localidades de colecta de roedores cricétidos y heterómidos y sus piojos anopluros en los estados de Guerrero y Oaxaca, México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Colecta de huéspedes

Para la captura de los roedores se utilizaron trampas Sherman, en las cuales se colocó un cebo que consistió en una mezcla de avena-vainilla (Romero-Almaraz *et al.*, 2007). Se colocaron cuatro transectos de 40 trampas cada uno, dejando una marca en el sitio y revisándose a la mañana siguiente. Los ratones colectados se individualizaron en bolsas de plástico y fueron sacrificados mediante asfixia.

Extracción y preservación de los piojos

Los piojos se recuperaron mediante extracción manual, a partir de la acuciosa revisión de los roedores con ayuda del microscopio estereoscópico; se depositaron en viales con alcohol al 96%. Adicionalmente cada uno de los huéspedes se cepilló sobre una hoja de papel blanco para extraer los posibles organismos adheridos al pelaje (los cuales se procesaron posteriormente en el laboratorio).

Finalmente se registró el número de organismos totales recuperados y el estadio de desarrollo (adulto, ninfa o huevo) al que pertenecían.

Trabajo de laboratorio

Montaje

Para la determinación específica los piojos se montaron en laminillas mediante las técnicas modificadas de Wirth y Marston (1968) y Kim *et al.* (1986). Se realizó una incisión en el abdomen con una aguja entomológica y los ejemplares se colocaron en una solución de KOH al 10% durante 72 horas para aclararlos.

Pasado este tiempo se lavaron con agua destilada por 30 minutos y se trasladaron a ácido acético glacial al 10% durante 10 minutos. Se realizaron cambios por alcoholes graduales para deshidratarlos comenzando con alcohol al 40% durante 30 minutos, después

al 70% y finalmente al 96%. Posteriormente se colocaron en aceite de clavo durante 24 horas y finalmente se montaron entre cubre y portaobjetos en bálsamo de Canadá. Se dejaron secar en una plancha durante semana y media o hasta que las preparaciones quedaron completamente secas.

Identificación morfológica

Únicamente se utilizaron ejemplares adultos (♀, ♂) los cuales se identificaron utilizando las claves especializadas de Ewing (1935), Pratt y Lane (1951), Cook y Beer (1959), Stojanovich y Pratt (1961a), Stojanovich y Pratt (1961b), Stojanovich y Pratt (1965), Kim *et al.* (1986).

Aunado a ello se obtuvieron las medidas de algunos caracteres propuestas por Kim (1965) y Kim *et al.* (1966) para hembras y machos (Figura 5) con ayuda de un analizador de imagen con software de medición interactiva AxioVision 4, Carl Zeiss. Los valores obtenidos se expresaron en micrómetros (μm), indicando el intervalo mínimo-máximo entre paréntesis y los valores del promedio \pm desviación estándar en la parte inferior.

Fotografías en Microscopía de Campo Claro

Se tomaron micrografías de los caracteres diagnósticos de los ejemplares montados con ayuda de un Fotomicroscopio Modelo Provis AX70, de la Marca Olympus en el Laboratorio de Microcine de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

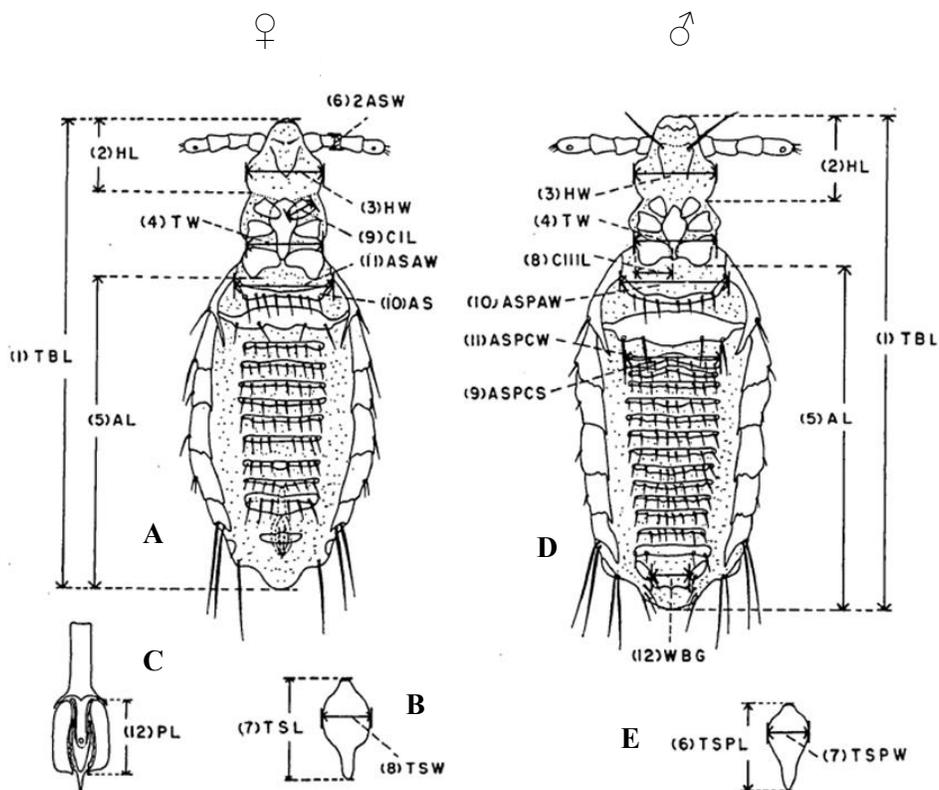


Figura 5. A) Macho en posición ventral; B) Placa torácica esternal; C) Genitalia del macho; D) Hembra en posición ventral; E) Placa torácica esternal. **Tomada y modificada de Kim *et al.* (1965).**

TBL Longitud total del cuerpo (♀, ♂) Obj. 10x

HL Longitud de la cabeza (♀, ♂) Obj. 10x

HW Ancho de la cabeza (♀, ♂) Obj. 10x

TW Ancho del tórax (♀, ♂) Obj. 10x

AL Longitud del abdomen (♀, ♂) Obj. 10x

TSL, TSPL Longitud de la placa torácica esternal (♀, ♂) Obj. 40x

TSW, TSPW Ancho de la placa torácica esternal (♀, ♂) Obj. 40x

CIL Longitud de la Coxa I (♀, ♂) Obj. 40x

CIIL Longitud de la Coxa III (♀) Obj. 40x

PL Longitud del parámetro (♂) Obj. 40x

Identificación molecular

El trabajo de Biología Molecular se llevó a cabo en el Laboratorio del Taller de Sistemática y Biogeografía del Departamento de Biología Evolutiva de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Extracción de ADN

La extracción de ADN se llevó a cabo mediante el uso del Kit “DNeasy Blood & Tissue Kit” de Qiagen. Se utilizaron los ejemplares adultos preservados en alcohol al 96%, los cuales fueron lavados con agua destilada para retirar el exceso de alcohol (para evitar una posible interferencia con la reacción y rehidratarlos ejemplares). Se realizó una incisión en el abdomen y se colocó al ejemplar en un tubo eppendoff con 180 μ l de Buffer ATL. Se agregaron 20 μ l de Proteinasa K, mezclando suavemente hasta obtener una solución homogénea y se dejó incubando a una temperatura de 56°C durante 24 horas para que el Buffer de Lisis y la Proteinasa degradaran el tejido.

Pasadas las 24 horas se homogenizó la solución y se adicionaron 200 μ l del Buffer AL y mezclando con ayuda del vórtex. Se recuperó la solución y se depositó en una columna DNeasy. Se centrifugó a 8,000 rpm durante un minuto, descartando el tubo de colecta y el sobrenadante. Se ajustó un nuevo tubo de colecta a la columna y se adicionaron 500 μ l del Buffer AW1, centrifugando por un minuto a 8,000 rpm y descartando nuevamente tanto el sobrenadante como el tubo de colecta.

Se ajustó un nuevo tubo de colecta y se adicionaron 500 μ l del Buffer AW2, centrifugando por tres minutos a 14,000 rpm para lavar la membrana DNeasy. Se trasladó la columna a un tubo eppendoff de 1.5 ml y se pipetearon 100 μ l del Buffer AE directamente sobre la membrana DNeasy. Se incubó a temperatura ambiente por tres minutos y se centrifugó a 8,000 rpm durante un minuto.

Amplificación del DNA

Un fragmento de 857 pb y otro de 524 pb del gen Citocromo Oxidasa Subunidad I (COI) fueron amplificados utilizando los siguiente pares de primers propuestos por Marsico *et al.* (2010) y Yong *et al.* (2003).

| Oligonucleótido | Secuencia (5'→3') |
|----------------------------|------------------------------------|
| Jerry (Forward) | CAACATTTATTTTGATTTTTTGG |
| PatII (Reverse) | TCCATTACATATAATCTGCCATATTAG |
| C1-j-1718 (Forward) | GGAGGATTTGGAAATTGATTAGTTCC |
| C1-N-2191 (Reverse) | CCAGGAAGAATAAGAATATAAACTTC |

Para amplificar el ADN, se realizó la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR por sus siglas en inglés) siguiendo las especificaciones del protocolo de Marsico *et al.*, 2010:

| Reactivo | Concentración Stock | Por reacción |
|---|---------------------|--------------|
| Forward | 10 µm | 1 µl |
| Reverse | 10 µm | 1 µl |
| MgCl ₂ | 25 mM | 1 µl |
| dNTP's | 10 mM | 0.8 µl |
| Buffer de reacción (Promega) | 10x | 2 µl |
| Taq polimerasa (Axygen) | | 0.4 µl |
| ddH ₂ O libre de nucleasas (MiliQ) | | 12.3 µl |
| DNA | | 1 µl |
| Total | | 19.5 µl |

El programa de amplificación consistió en los siguientes pasos: Incubación a 95°C por un minuto y 35 ciclos de amplificación los cuales consistieron en una etapa de desnaturalización a 95°C por 15 segundos, alineación a 55°C por 15 segundos y extensión a 72°C por un minuto, con una extensión final a 72°C por cuatro minutos.

Electroforesis

Los productos de PCR fueron corroborados mediante electroforesis en geles de agarosa al 1.5%, utilizando el marcador molecular de 100 pb (Nucleic Acid Markers, 100 pb ADN Ladder, Axygen) como marcador de peso molecular y corriéndolos durante 45 minutos a 85 V (utilizando buffer TBE 1X como buffer de corrida). Los geles se tiñeron con Bromuro de Etidio durante tres minutos y posteriormente fueron lavados en agua destilada durante otros 10 minutos. Se visualizaron en un Transiluminador 2UV™ Benchtop.

Purificación

Una vez corroborados los productos de PCR, estos fueron purificados mediante la técnica de precipitación con Acetato de Sodio la cual consistió en mezclar 11 µl del producto de PCR y 29 µl de ddH₂O en un volumen final de 40 µl.

Se adicionaron 5 µl de Acetato de Sodio 3 M (pH 5) y 125 µl de etanol absoluto, incubando la mezcla en hielo durante 10 minutos. Posteriormente se centrifugó a 13, 000 rpm durante 30 minutos, decantando el sobrenadante.

El pellet se limpió con 125 µl de etanol al 70% y se centrifugó nuevamente a 13, 000 rpm durante 10 minutos. Nuevamente se decantó el sobrenadante y se dejó secar el pellet durante 20 minutos a temperatura ambiente (hasta que el alcohol se evaporó completamente). Una vez que se encontraba completamente seco, el pellet se resuspendió en 15 µl de ddH₂O libre de nucleasas (Mili-Q).

Secuenciación

Los productos purificados se enviaron a la Unidad de Síntesis y Secuenciación de DNA (USSDNA) del Instituto de Biotecnología de la UNAM, donde fueron preparados para ser leídos en un secuenciador automatizado Applied Biosystem, modelo 31310xl y al Laboratorio de Biología Molecular de la Biodiversidad y la Salud del Instituto de Biología de la UNAM en un secuenciador Life Technology modelo 3500xl.

Análisis molecular

Una vez obtenidas las secuencias, se continuó con su edición y alineamiento con ayuda del Software Mega 5.01. Estas secuencias fueron comparadas con otras secuencias de anopluros disponibles en el GenBank mediante el algoritmo Basic Local Alignment Search Tool [BLAST] (Altschul *et al.*, 1990). Después de editar las secuencias generadas en el presente trabajo, estas se alinearon junto con las secuencias de referencia obtenidas de diversas bases de datos especializadas como: GenBank (Benson *et al.*, 2005), EMBL (Stoesser *et al.*, 2002) y KEGG (Kanehisa *et al.*, 2012) mediante los algoritmos de alineamiento pareado Clustal W y alineamiento múltiple Mr Muscle. Se calcularon el número de sitios conservados, variables e informativos, junto con la composición nucleotídica y la tasa promedio de transición/transversión con ayuda del software MEGA 5.1 (Tamura *et al.*, 2011).

Para identificar la distancia genética entre las secuencias se generó la matriz de distancias genéticas, a partir de la cual se generó el dendograma correspondiente utilizando el método de Neighbor-Joining, el cual se evaluó mediante el modelo de sustitución de nucleótidos de dos parámetros de Kimura, evaluando el soporte de los clados mediante 1,000 réplicas de Bootstrap (Page *et al.*, 2004).

Distribución geográfica

Para conocer si se presentaron nuevos registros de las especies de anopluros recolectadas (al igual que de huéspedes o localidades), se realizó una extensa revisión bibliográfica en bases de datos especializadas (Biological Abstracts, Biological Sciences y BioOne, Elsevier, Highwire, Scopus). Las localidades obtenidas fueron georeferenciadas con ayuda de gaceteros en línea (Biogeomancer y Fallingrain) y se generó un mapa de distribución de las especies de anopluros recolectadas con ayuda del programa DivaGis.

Análisis ecológico

Se llevó a cabo la caracterización de las infestaciones acorde con los parámetros ecológicos establecidos por Bush *et al.* (1997): abundancia, prevalencia, intensidad promedio e intervalo de infestación, los cuales se obtuvieron con ayuda del programa Quantitative Parasitology 3.0.

- ✚ La prevalencia se define como el porcentaje de huéspedes infectados/infestados por una especie de parásito.

- ✚ La abundancia es el promedio de parásitos de una especie determinada por huésped de la muestra

- ✚ La intensidad promedio es el promedio de parásitos de una especie por huésped parasitado

- ✚ Intervalo de infestación el cual se refiere al número máximo y mínimo de parásitos recuperados (intervalo)

RESULTADOS

En el presente trabajo se revisaron un total de 147 huéspedes pertenecientes a 11 especies de cinco géneros de cricétidos (*Habromys*, *Megadontomys*, *Neotoma*, *Peromyscus* y *Reithrodontomys*) y un género de heterómidos (*Liomys*). De ellos se recolectaron 386 anopluros (189 ♀, 106 ♂, 83 ninfas y 8 huevos) de seis especies pertenecientes a dos familias (Hoplopleuridae y Polyplacidae) y cuatro géneros (*Fahrenholzia*, *Hoplopleura*, *Neohaematopinus* y *Polyplax*). La clasificación de los anopluros utilizada en este trabajo está basada en la propuesta por Kim y Ludwig (1978b).

Los resultados del presente trabajo se presentan en tres secciones, en la primera se muestran las descripciones de cada una de las especies encontradas, con los caracteres diagnósticos que permitieron su identificación taxonómica, junto con las comparaciones de los datos morfométricos obtenidos de las descripciones originales, registros previos, distribución geográfica (incluidos los mapas), comentarios taxonómicos y nuevos registros.

En la segunda parte se presentan los resultados procedentes del análisis molecular que incluyen el alineamiento de secuencias, su composición nucleotídica, la matriz de distancias y el dendograma obtenido mediante el método de Neighbor-Joining. En la tercera y última se presenta la caracterización ecológica de las infestaciones.

Clasificación taxonómica de los anopluros (Insecta: Phthiraptera: Anoplura) asociados con roedores cricétidos y heterómidos recolectados en los estados de Guerrero y Oaxaca.

Phylum Arthropoda

Clase Insecta

Orden Phthiraptera Haeckel, 1896

Suborden Anoplura Leach, 1815

Familia Hoplopleuridae Ewing, 1929

Género *Hoplopleura* Enderlein, 1904

Hoplopleura emphereia Kim, 1965

Hoplopleura ferrisi Cook & Beer, 1959

Hoplopleura reithrodontomydis Ferris, 1951

Familia Polyplacidae Fahrenholz, 1912

Género *Fahrenholzia* Kellogg & Ferris, 1915

Fahrenholzia microcephala Ferris, 1922

Género *Neohaematopinus* Mjöberg, 1910

Neohaematopinus neotomae Ferris, 1942

Género *Polyplax* Enderlein, 1904

Polyplax auricularis Kellogg & Ferris, 1915

Identificación morfológica

Familia Hoplopleuridae

Hoplopleura emphereia Kim, 1965

(Figuras 6-12)

Diagnosis: ♂ Cabeza con un grupo de sedas marginales de mayor tamaño arregladas en línea recta; placa torácica redondeada en su porción anterior, con proceso posterior engrosado que termina abruptamente en forma de punta; pleuritos de los segmentos abdominales IV y V con lóbulos laterales truncados y bordes aserrados; aedeagus alargado, con parámetros que se engrosan en su tramo posterior y pseudopene con un ángulo pronunciado. ♀ placa torácica de la hembra más redonda en su porción anterior y se estrecha hacia el margen posterior (Kim, 1965; Johnson, 1972a).

Material estudiado: 4♂, 7♀, 3 km al Sur del Punto Ixtepeji, Municipio de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, 22-25 de noviembre del 2010, ex *Peromyscus megalops*; 6♂, 13♀, 4N, Puerto del Gallo, Municipio Gral. Heliodoro García, Guerrero, 06-12 de diciembre del 2010, ex *Megadontomys thomasi*, *P. megalops*.

Distribución conocida: México (Cuadro 1; Figura 28), Guatemala, Nicaragua y Panamá (Castro y González, 1997).

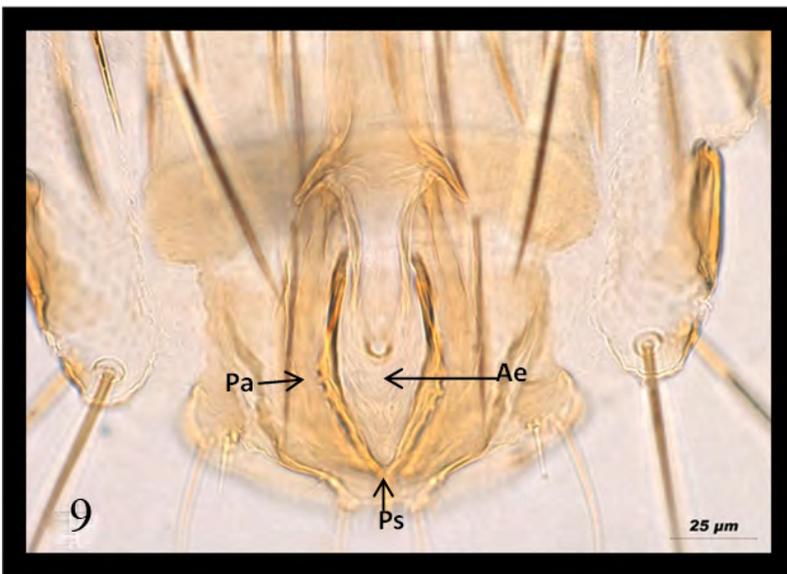
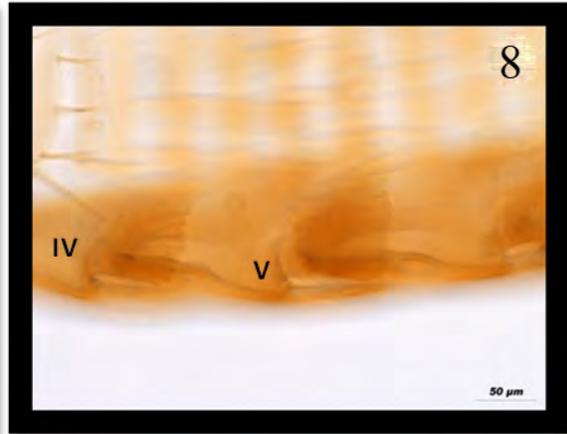
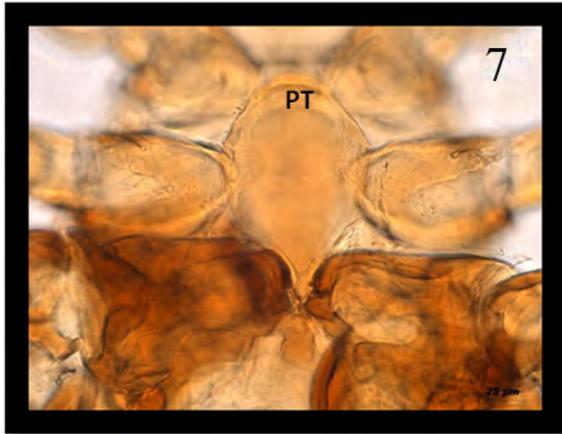
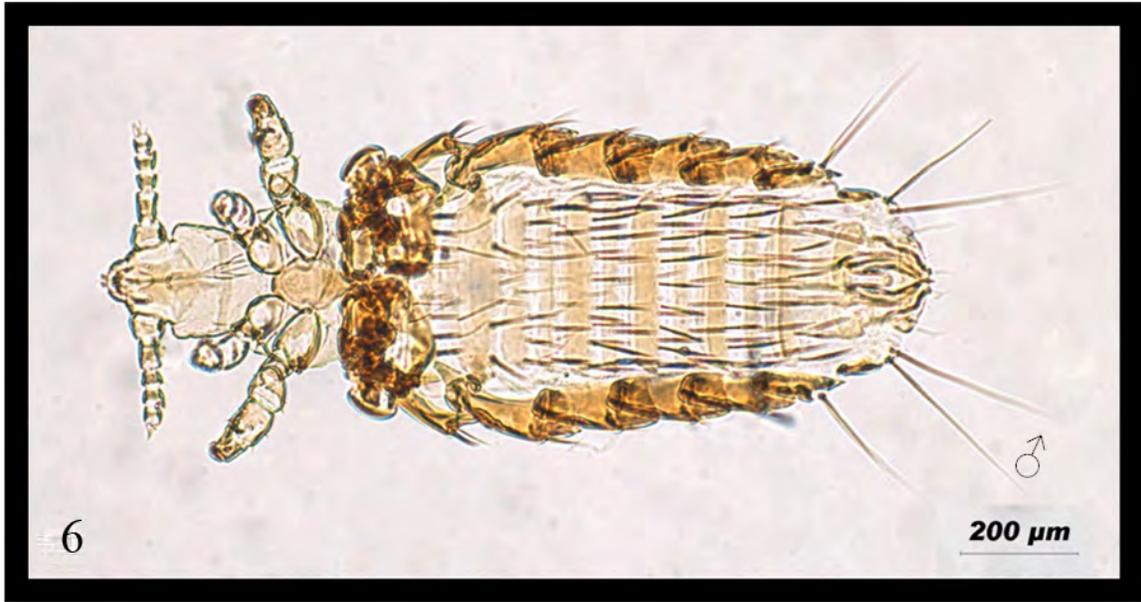
Comentarios taxonómicos: Todos los caracteres referidos en la descripción original de Kim (1965) coinciden con lo de los ejemplares recolectados (Cuadro 4).

Nuevos registros: Este es el primer registro de la especie en la localidad y *M. thomasi* representa un nuevo registro como huésped de esta especie de anopluro.

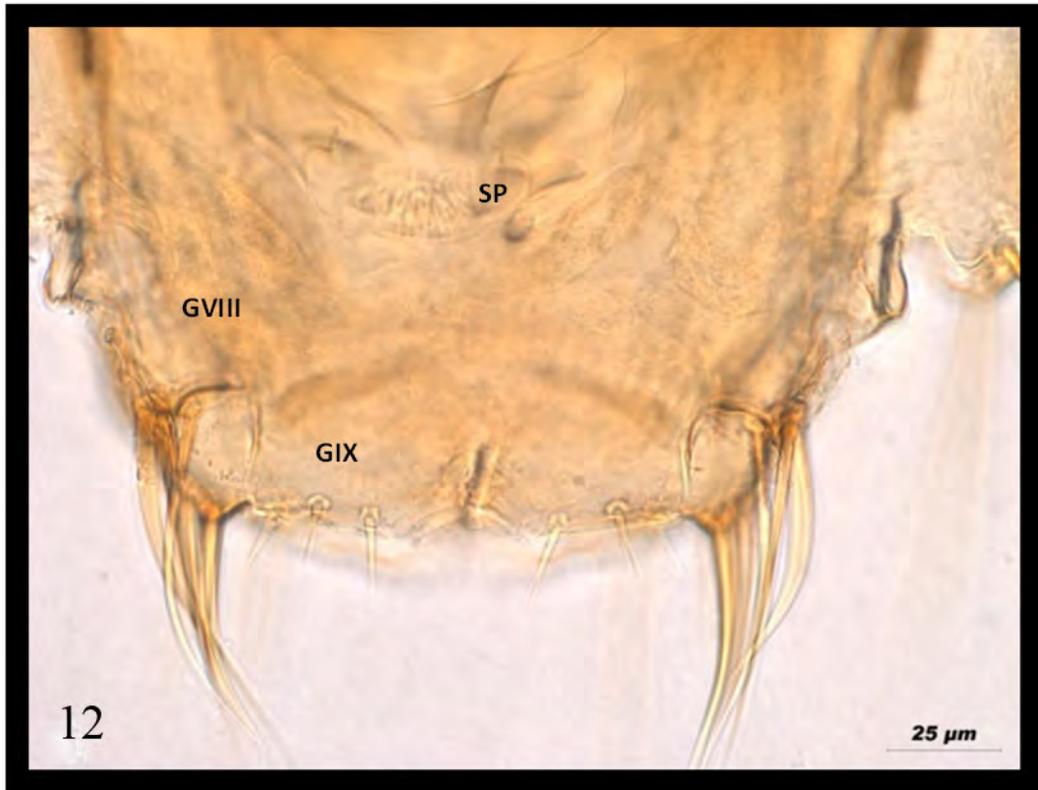
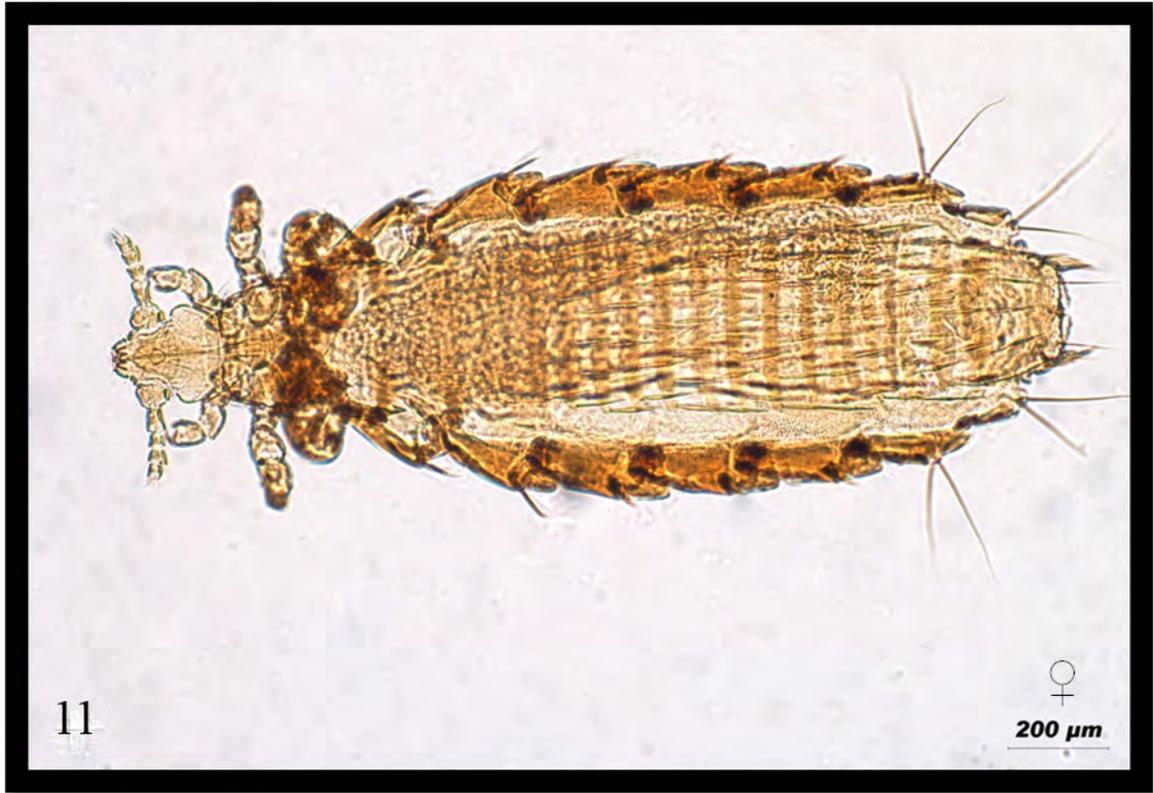
Cuadro 4. Medidas de machos y hembras de *Hoplopleura emphereia* de las localidades: 3 km al Sur del Punto Ixtepeji, Oaxaca y Puerto del Gallo, Guerrero.

| Machos | | | |
|----------|--|--|--------------------------------|
| Carácter | 3 km al Sur del Punto Ixtepeji, Oax. <i>n</i> =4 | Puerto del Gallo, Guer. <i>n</i> =6 | (Kim, 1965; Johnson, 1972a) |
| TBL | (860.22-967.11) 912.10±54.58 | (857.97-1042.67) 962.89±79.57 | 910.00 |
| HL | (165.55-173.80) 169.64±3.86 | (166.18-196.09) 175.24±11.99 | |
| HW | (132.01-141.67) 137.93±5.18 | (131.70-141.67) 136.53±4.56 | |
| TW | (155.00-186.98) 176.49±17.44 | (156.35-190.08) 178.74±13.90 | 220.00 |
| AL | (580.88-703.39) 634.81±74.75 | (570.70-716.91) 629.13±54.58 | |
| TSL | (96.15-110.11) 105.59±8.87 | (95.63-112.64) 105.47±6.59 | |
| TSW | (59.16-68.29) 63.03±5.66 | (59.46-69.55) 63.35±4.61 | |
| CIL | (44.20-59.57) 51.66±7.83 | (43.31-58.85) 50.92±6.06 | |
| PL | (58.75-81.56) 68.14±12.41 | (57.09-85.22) 72.92±11.53 | |

| Hembras | | | |
|----------|--|--|--------------------------------|
| Carácter | 3 km al Sur del Punto Ixtepeji, Oax. <i>n</i> =7 | Puerto del Gallo, Guer <i>n</i> =13 | (Kim, 1965; Johnson, 1972a) |
| TBL | (1212.21-1347.17) 1275.79±47.40 | (1031.70-1347.17) 1226.59±87.40 | 1270.00 |
| HL | (163.74-188.40) 174.97±9.29 | (149.06-210.19) 174.96±14.66 | |
| HW | (127.01-145.59) 137.33±6.96 | (122.49-145.59) 133.44±7.08 | |
| TW | (166.36-185.26) 178.51±6.81 | (149.11-196.60) 176.47±9.55 | 220.00 |
| AL | (491.37-1057.95) 890.02±183.52 | (491.37-1057.95) 909.89±123.20 | |
| TSPL | (113.22-123.47) 120.16±3.80 | (99.21-704.27) 148.26±134.82 | |
| TSPW | (63.42-69.53) 66.06±1.86 | (60.83-73.31) 65.95±3.16 | |
| CIIL | (52.98-69.58) 5.74±59.09 | (47.93-69.58) 59.09±5.54 | |



Figuras 6-10. *Hoplopleura emphereia*, ♂. **6.** Vista ventral. **7.** Placa torácica (PT). **8.** Bordes aserrados de los pleuritos IV-VI. **9.** Genitalia: Aedeagus (Ae), Parámetros (Pa), Pseudopene (Ps). **10.** Porción cefálica: Sedas cefálicas (MSH).



Figuras 11-12. *Hoplopleura emphereia*, ♀. **8.** Vista ventral. **9.** Genitalia: Gonopodo VIII (GVIII), Gonopodo IX (GIX), Placa genital (SP).

***Hoplopleura ferrisi* Cook & Beer, 1959**

(Figuras 13-19)

Diagnosis: ♂ Cabeza con un grupo de sedas marginales de mayor tamaño arregladas en línea recta; placa torácica menos redonda y más alargada, con proceso posterior que se estrecha paulatinamente hasta terminar en punta; pleuritos de los segmentos abdominales IV y V con lóbulos laterales truncados y bordes aserrados; pleurito del segmento VIII con forma triangular; parámetros engrosados en su porción anterior y se adelgazan hacia la porción posterior (Cook y Beer, 1959). ♀ Similar al macho, con el proceso de la placa torácica esternal aún más pronunciada en forma de pico.

Material estudiado: 2♂, 4♀, La Yerba Buena, Municipio de Santa Catarina Juquila, Oaxaca, 30 abril-5 de mayo del 2010, *ex. Peromyscus aztecus*; 5♂, 21♀, 1N, La Yerba Buena, Municipio de Santa Catarina Juquila, Oaxaca, 30 de abril-5 de mayo del 2010, *ex. Peromyscus melanurus*; 2H, Km 134.5 de la Carretera 175 Oaxaca-Tuxtepec a 21 Km al Norte de Guelatao, Oaxaca, 22-25 de noviembre del 2010, *ex. P. aztecus*.

Distribución conocida: Suroeste de los Estados Unidos (Arizona, Nuevo México) (Kim *et al.*, 1986) hasta México (Cuadro 1; Figura 28).

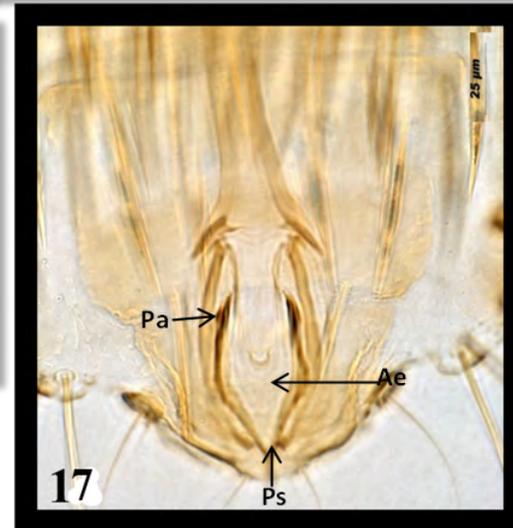
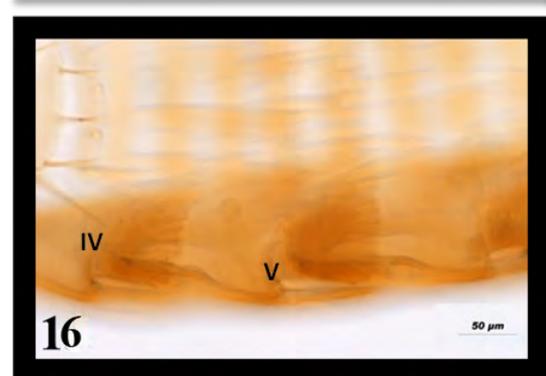
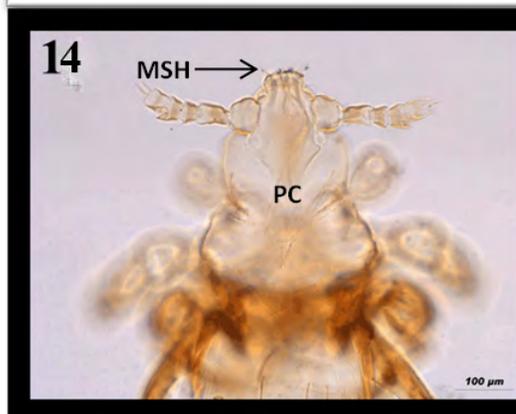
Comentarios taxonómicos: Todos los caracteres referidos en la descripción original de la especie coinciden con los ejemplares recolectados (Cuadro 5). Un dato importante es que los parámetros de los ejemplares recolectados presentaban un engrosamiento en su base, mientras que en *H. ferrisi* son más delgados.

Nuevos registros: Las dos localidades representan registros nuevos para la especie, al igual que para el estado de Oaxaca. *Peromyscus aztecus* y *P. melanurus* representan dos nuevos registros como huéspedes de esta especie de anopluro

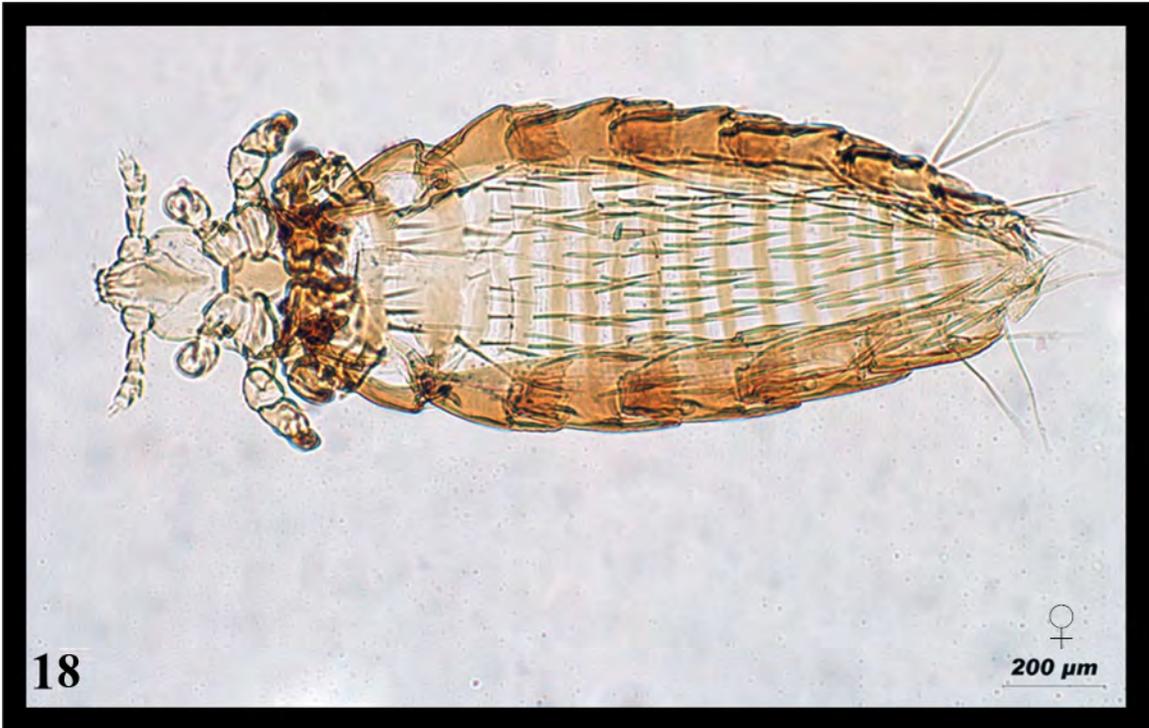
Cuadro 5. Medidas de machos y hembras de *Hoplopleura ferrisi* de lo localidad de La Yerba Buena, Oaxaca.

| Machos | | |
|-----------------|------------------------------------|--------------------|
| Caracter | La Yerba Buena, Oax n=7 | (Kim, 1965) |
| TBL | (834.66-949.56) 906.06±62.32 | 900.00 |
| HL | (146.61-159.42) 150.94±7.35 | |
| HW | (129.11-140.04) 133.27±5.91 | |
| TW | (169.44-180.43) 175.63±5.63 | |
| AL | (581.29-702.13) 657.86±66.58 | |
| TSL | (98.88-104.38) 101.05±2.93 | |
| TSW | (55.64-63.49) 60.40±4.18 | |
| CIL | (40.97-54.74) 49.33±7.34 | |
| PL | (71.44-80.88) 75.30±4.95 | |

| Hembras | | |
|-----------------|-------------------------------------|--------------------|
| Caracter | La Yerba Buena, Oax n=28 | (Kim, 1965) |
| TBL | (887.33-1253.96) 1059.92±125.59 | 1060.00 |
| HL | (111.71-163.30) 135.87±22.38 | |
| HW | (111.85-142.80) 125.81±11.22 | |
| TW | (146.49-180.64) 160.60±13.30 | |
| AL | (230.00-931.30) 740.46±215.80 | |
| TSPL | (102.52-120.18) 108.74±6.78 | |
| TSPW | (56.18-64.87) 60.32±3.34 | |
| CIIL | (51.20-74.37) 1048.38±129.78 | |



Figuras 13-17. *Hoplopleura ferrisi*, ♂. **13.** Vista ventral. **14.** Porción cefálica (PC): Sedas cefálicas (MSH). **15.** Placa torácica (PT). **16.** Bordes aserrados de los pleuritos IV-VI. **17.** Genitalia: Aedeagus (Ae), Parámetros (Pa), Pseudopene (Ps).



Figuras 18-19. *Hoplopleura ferrisi*, ♀. **18.** Vista ventral. **19.** Genitalia: Gonopodo VIII (GVIII), Gonopodo IX (GIX).

***Hoplopleura reithrodontomydis* Ferris, 1951**

(Figuras 20-27)

Diagnosis: ♂ Cabeza con un grupo de sedas marginales de mayor tamaño arregladas en línea recta; placa torácica esternal con su porción anterior truncada y su proceso posterior en forma de punta; pleuritos de los segmentos abdominales IV-VI con sedas más pequeñas que las comisuras de la porción media del pleurito, que a su vez exhiben una seda dorsal diminuta; pleurito VIII con forma rectangular; parámetros y pseudopene engrosados. ♀ Abdomen con pleuritos sumamente esclerotizados y engrosados que pueden encontrarse o no con bordeas aserrados (Ferris, 1951; Kim *et al.*, 1986).

Material estudiado: 3♂, 3♀, Parque Estatal Cerro del Huizteco, Municipio de Taxco, Guerrero, 30 de julio al 4 de agosto del 2010, *ex. Habromys schmidly*; 1♂, La Yerba Buena, Municipio de Santa Catarina Juquila, Oaxaca, 30 abril-5 de mayo del 2010, *ex. Reithrodontomys chrysopsis*; 1♂, 1♀, 7N, 3 km al Sur del Punto Ixtepeji, Municipio de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, 22-25 de noviembre del 2010, *ex. Reithrodontomys mexicanus*; 1♂, 1♀, 1N, Puerto del Gallo, Municipio Gral. Heliodoro Castillo, Guerrero, 06-12 de diciembre del 2010, *ex. Reithrodontomys summichrasti*.

Distribución conocida: Sureste de Estados Unidos, México (Cuadro 1; Figura 28) hasta Centroamérica (Kim *et al.*, 1986).

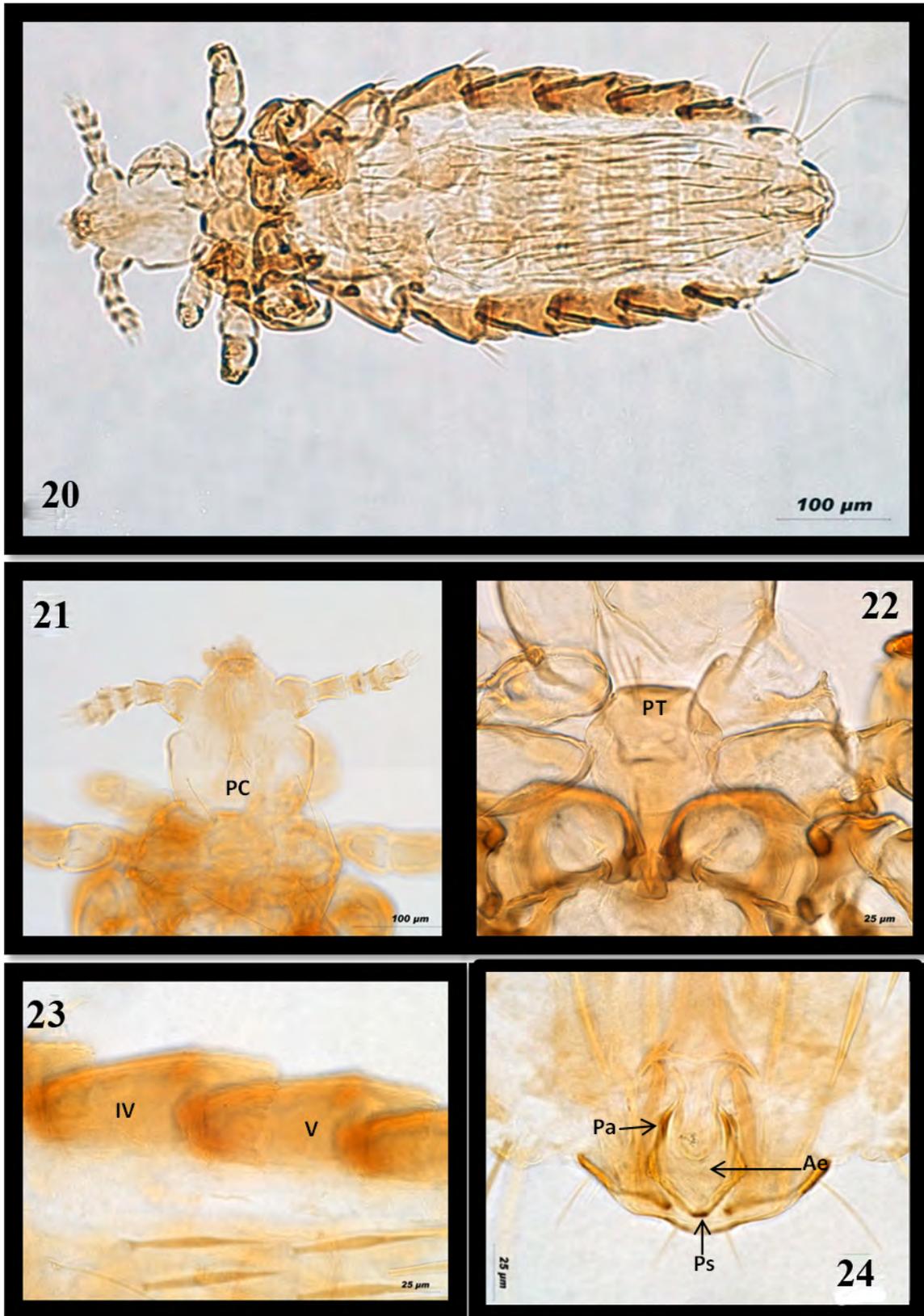
Comentarios taxonómicos: Los caracteres referidos en la descripción original de la especie coinciden con los ejemplares recolectados (Cuadro 6).

Nuevos registros: Las tres localidades representan registros nuevos para la especie, al igual que para los estados de Guerrero y Oaxaca. *Reithrodontomys mexicanus* y *R. summichrasti* representan dos nuevos registros como huéspedes de esta especie de anopluro. Los ejemplares recolectados sobre *H. schmidly* representan el primer registro de esta especie de anopluro sobre un género de roedores diferente a *Reithrodontomys*.

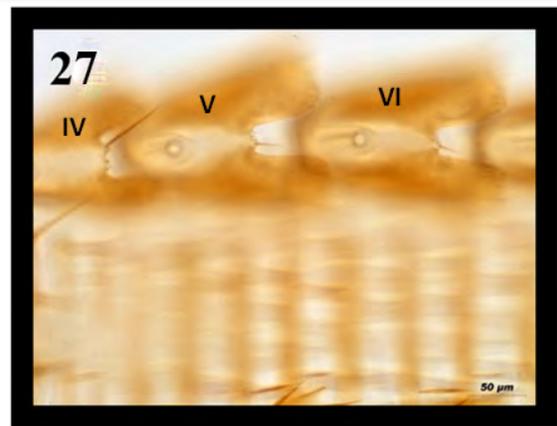
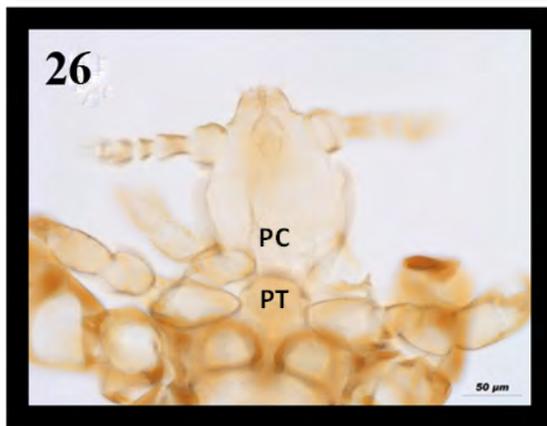
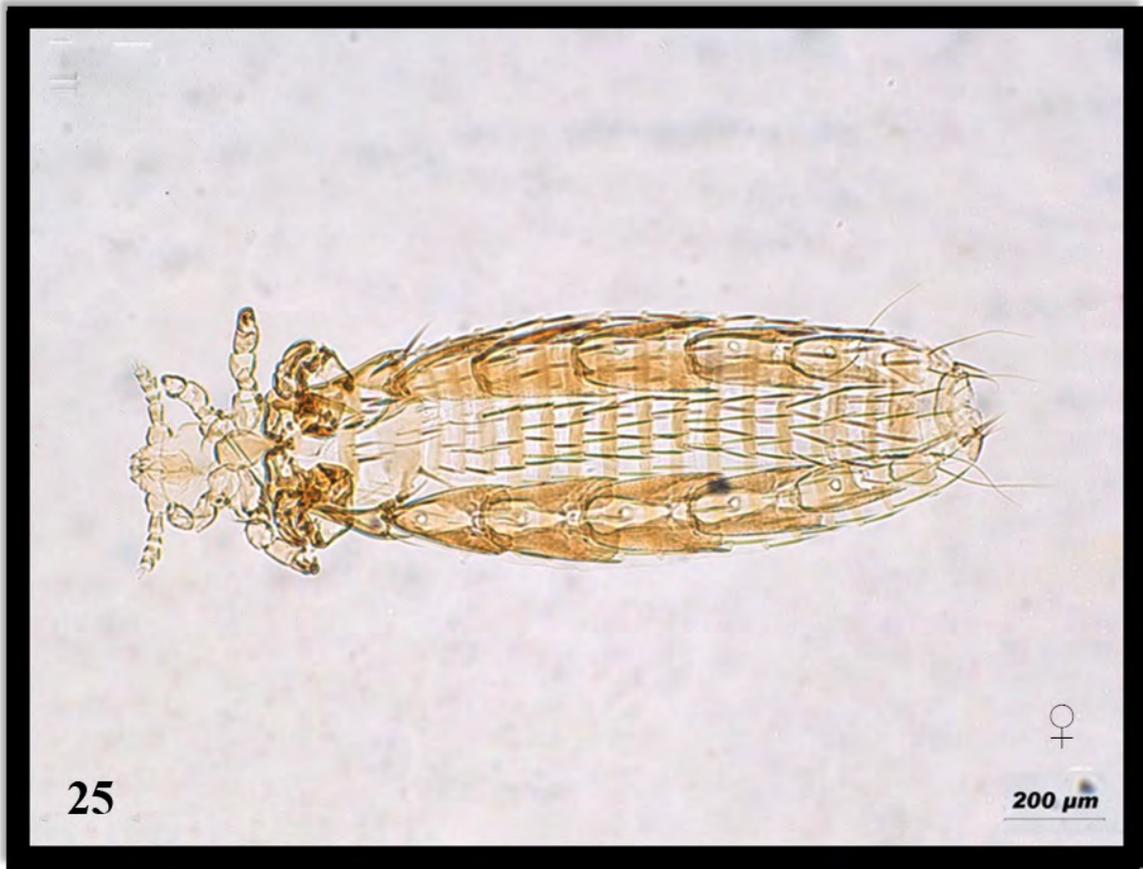
Cuadro 6. Medidas de machos y hembras de *Hoplopleura reithrodontomydis* de La Yerba Buena, 3 km al Sur del Punto Ixtepeji, Oaxaca y Parque Estatal Cerro del Huizteco, Puerto del Gallo, Guerrero).

| Machos | | | | | |
|----------|--|--|---|---|----------------------------|
| Caracter | La Yerba Buena, Oax. <i>n</i> =1 | 3km al Sur del Punto Ixtepeji, Oax <i>n</i> =1 | Parque Estatal Cerro del Huizteco, Guer. <i>n</i> =3 | Puerto del Gallo, Guer. <i>n</i> =1 | (Kim <i>et al.</i> , 1986) |
| TBL | 788.15 | 801.45 | (782.08-790.00) 786.04±5.60 | 790.15 | 800.00 |
| HL | 149.33 | 150.96 | (149.91-151.00) 150.46±0.77 | 152.00 | |
| HW | 115.00 | 115.12 | (112.35-115.03) 113.69±1.90 | 116.01 | |
| TW | 148.12 | 150.13 | (147.52-150.01) 148.77±1.76 | 151.13 | |
| AL | 547.34 | 549.67 | (547.43-550.00) 548.72±1.82 | 549.12 | |
| TSL | 105.92 | 106.01 | (105.60-106.00) 105.80±0.28 | 107.14 | |
| TSW | 54.88 | 56.23 | (54.16-55.00) 54.58±0.59 | 55.13 | |
| CIL | ND | 58.12 | ND | 58.99 | |
| PL | 85.74 | 87.20 | (84.67-86.55) 85.61±1.33 | 87.04 | |

| Hembras | | | | |
|----------|---|---|---|----------------------------|
| Caracter | 3 km al Sur del Punto Ixtepeji, Oax. <i>n</i> =1 | Parque Estatal Cerro del Huizteco, Guer. <i>n</i> =3 | Puerto del Gallo, Guer. <i>n</i> =1 | (Kim <i>et al.</i> , 1986) |
| TBL | 1020.34 | (795.47-1136.65) 1020.26±119.56 | 1099.94 | 1120.00 |
| HL | 169.32 | (142.13-169.32) 158.76±10.69 | 158.24 | |
| HW | 125.31 | (109.83-147.21) 129.32±12.16 | 128.48 | |
| TW | 148.5 | (143.03-172.69) 161.01±12.58 | 161.25 | |
| AL | 794.78 | (603.94-902.07) 778.05±97.25 | 789.77 | |
| TSPL | 109.91 | (82.23-109.91) 101.45±9.96 | 105.74 | |
| TSPW | 51.94 | (51.48-59.09) 55.73±3.25 | 58.33 | |
| CIHL | 56.65 | (45.29-62.63) 54.51±5.59 | 54.00 | |



Figuras 20-24. *Hoplopleura reithodontomydis*, ♂. 20. Vista ventral. 21. Porción cefálica (PC). 22. Placa torácica (PT). 23. Bordes aserrados de los pleuritos IV-VI. 24. Genitalia: Aedeagus (Ae), Parámetros (Pa), Pseudopene (Ps).



Figuras 25-27. *Hoplopleura reithrodontomydis*, ♀. **25.** Vista ventral. **26.** Porción cefálica (PC) y placa torácica (PT). **27.** Par de sedas de los pleuritos IV-VI.

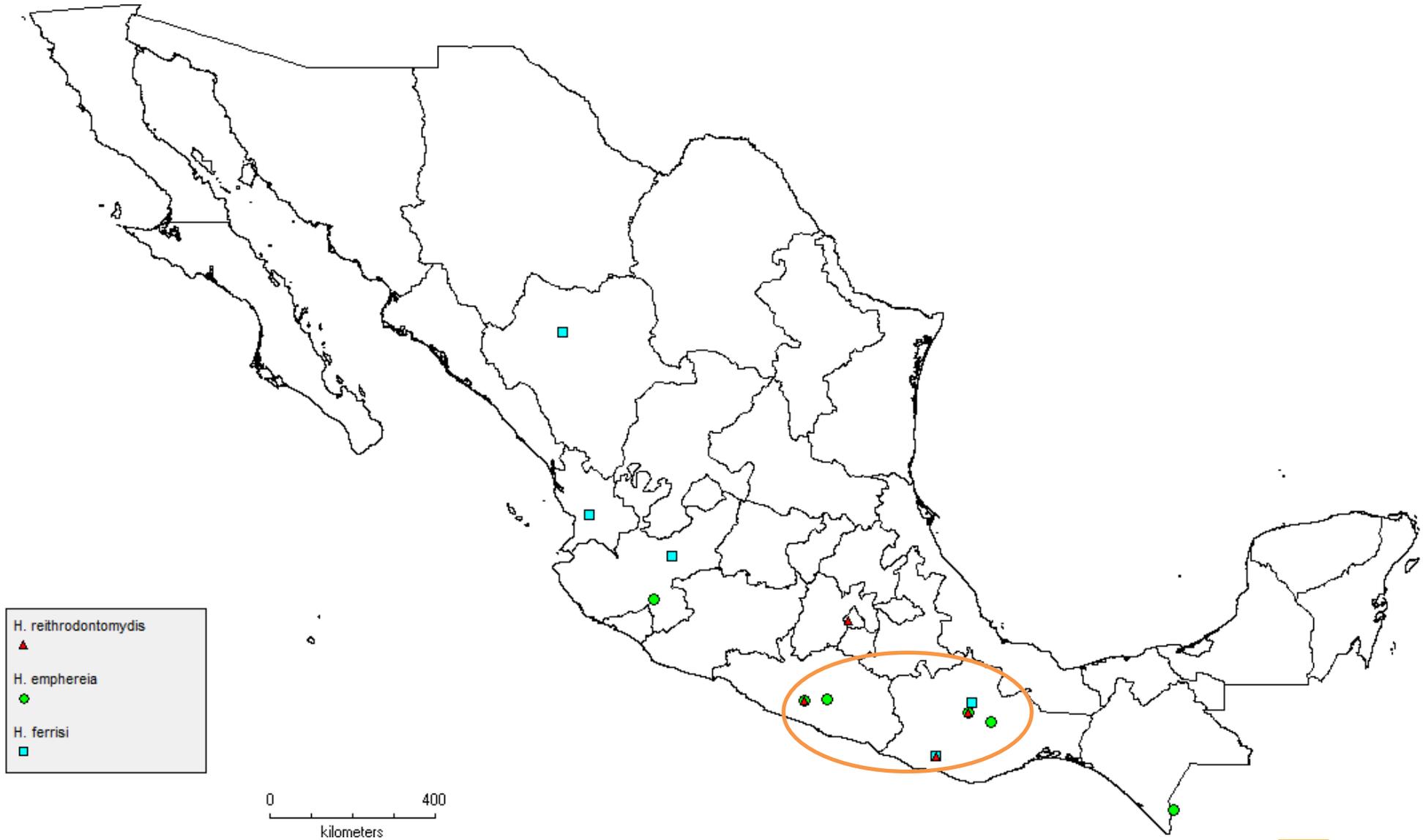


Figura 28. Distribución geográfica de las especies del género *Hoplopleura* (*H. emphereia*, *H. ferrisi*, *H. reithrodontomydis*). Nuevos registros 

Familia Polyplacidae

Fahrenheitia microcephala Ferris, 1922

(Figuras 29-39)

Diagnosis: ♂ Cabeza con un par de antenas con cinco segmentos; placa torácica esternal con el borde del margen anterior convexo; pleuritos en los segmentos abdominales II-IV; pleuritos II y III segmentado longitudinalmente, dando lugar a una placa dorsal y una ventral; seda dorsal del pleurito III diez veces más pequeña que la seda ventral; presencia de una placa media longitudinal altamente esclerotizada en posición dorsal en el segundo terguito abdominal; dos pequeñas sedas presentes entre los lóbulos del segundo par de pleuritos; genitalia con el margen posterior interno de los parámetros sin dientecillos ♀ Similar al macho solo que placa genital presenta el borde posterior en punta (Ferris, 1922; Johnson, 1962).

Material estudiado: 3♂, 2♀, 2N, Parque Estatal Cerro del Huizteco, Municipio de Taxco, Guerrero, 30 julio-4 de agosto del 2010, *ex Liomys pictus*.

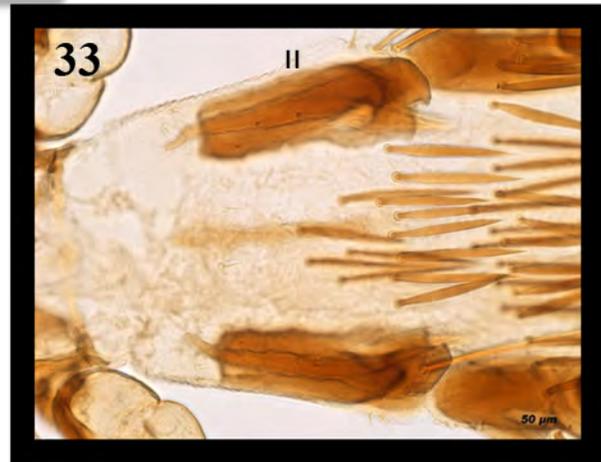
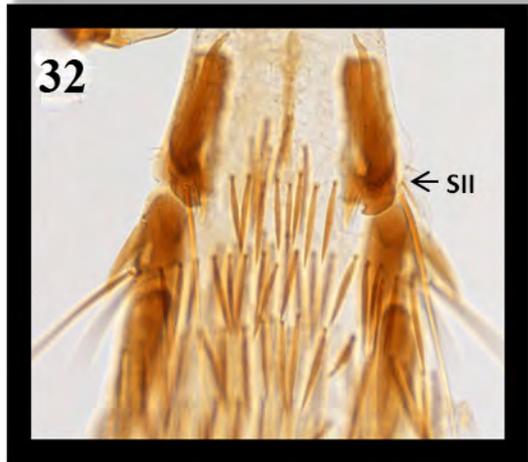
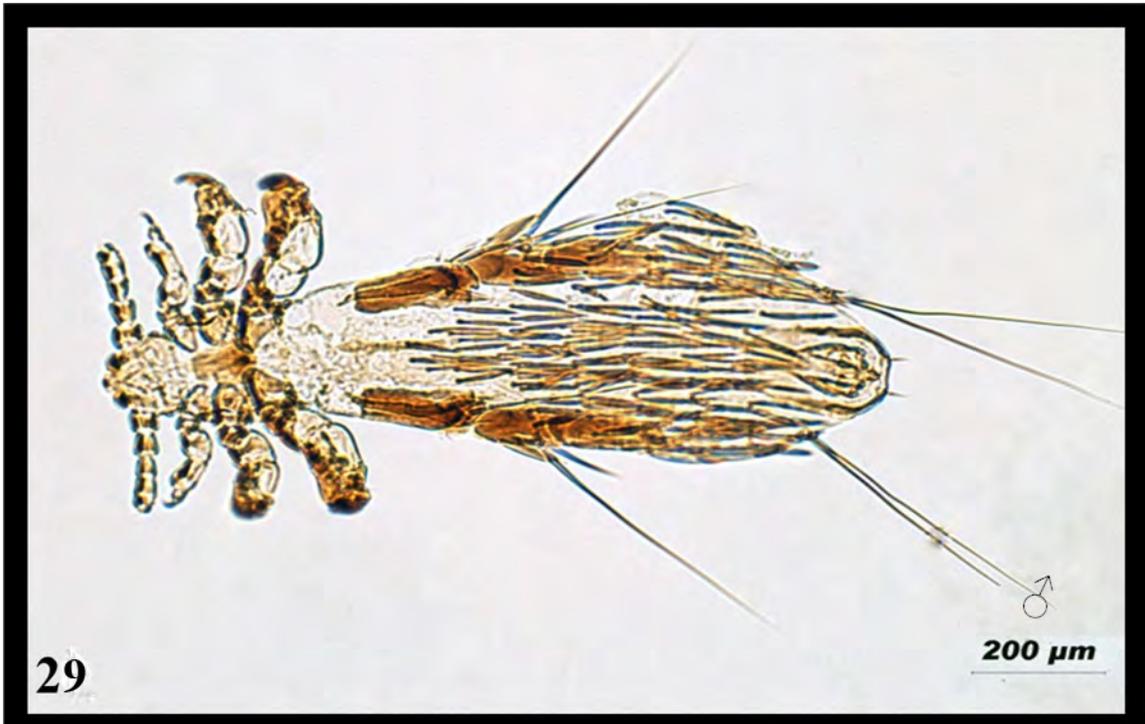
Distribución conocida: Sureste de Estados Unidos (Kim *et al.*, 1986) hasta México (Cuadro 1; Figura 40).

Comentarios taxonómicos: Todos los caracteres referidos en la descripción original de Ferris (1922) coinciden con lo de los ejemplares recolectados (Cuadro 7).

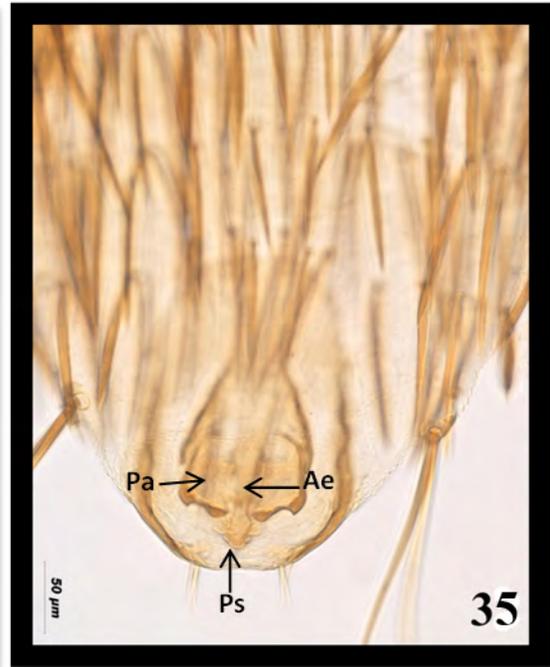
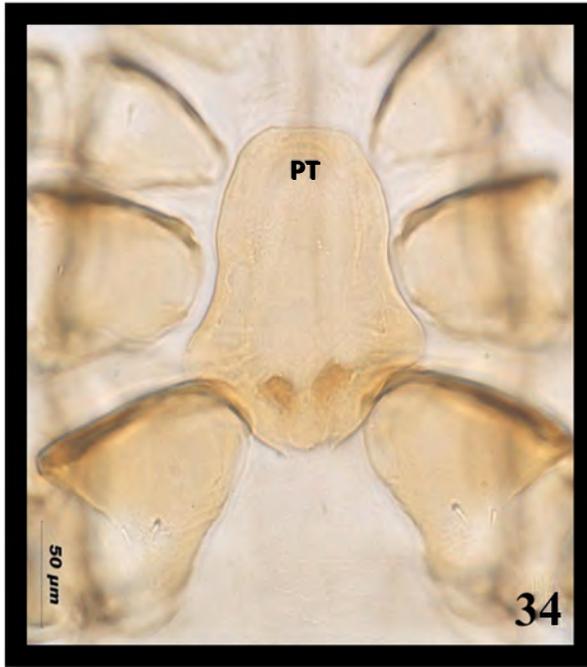
Nuevos registros: Este es un nuevo registro de la especie para la localidad y para el estado de Guerrero.

Cuadro 7. Medidas de Machos y Hembras de *Fahrenholzia microcephala* de la localidad Parque Estatal Cerro del Huizteco, Guerrero.

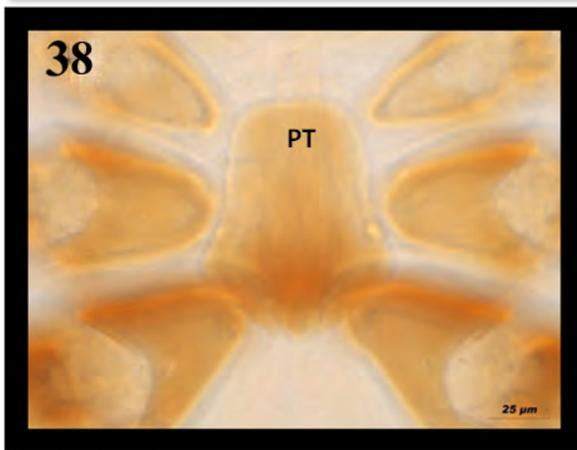
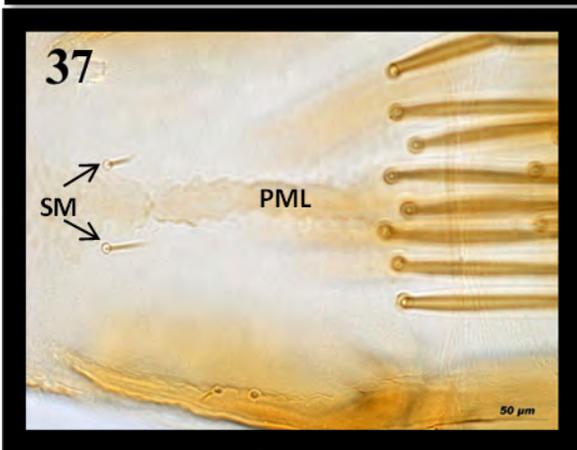
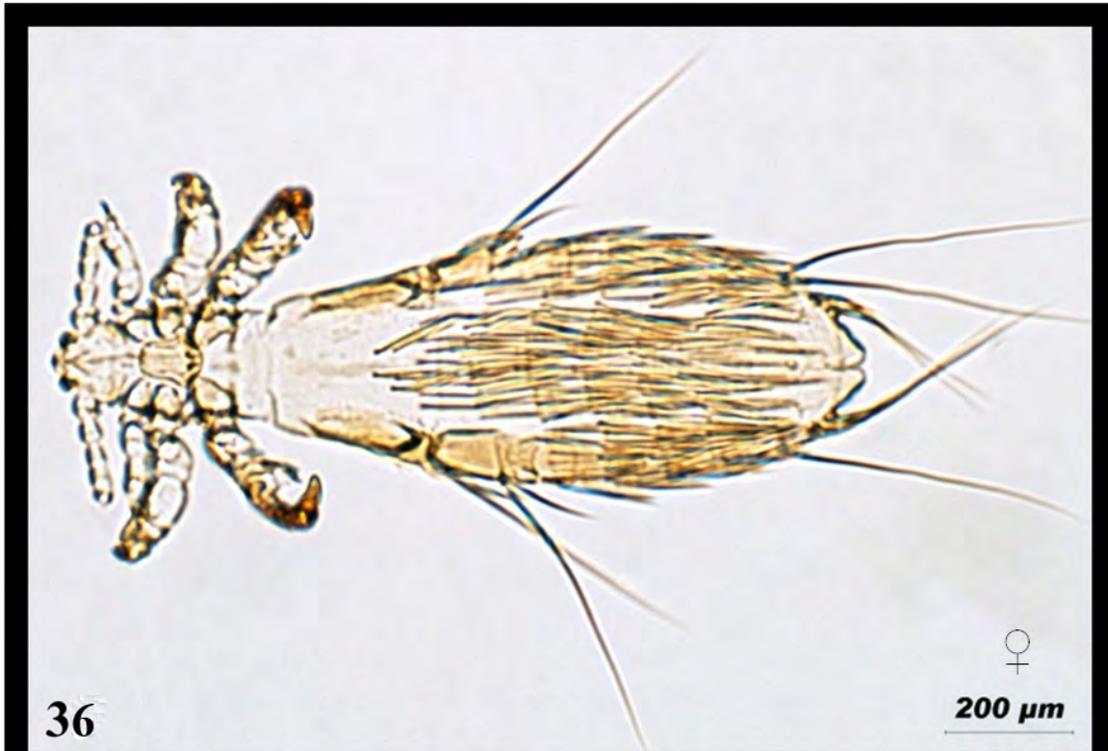
| Machos | | | |
|-----------------|--|-----------------------|-----------------------|
| Carácter | Parque Estatal Cerro del Huizteco, Guer. <i>n</i>=3 | (Ferris, 1922) | |
| TBL | (1185.72-1248.83) 1208.18±35.27 | 1100 | |
| HL | (54.51-142.50) 111.91±49.75 | | |
| HW | (59.09-151.10) 117.81±51.01 | | |
| TW | (45.29-199.43) 147.54±88.56 | | |
| AL | (964.33-1007.06) 979.63±23.81 | | |
| TSL | (99.45-103.04) 100.90±1.89 | | |
| TSW | (77.04-89.55) 82.16±6.55 | | |
| CIL | (56.87-66.02) 61.00±4.64 | | |
| PL | (82.54-83.50) 83.02±0.68 | | |
| Hembras | | | |
| Carácter | Parque Estatal Cerro del Huizteco, Guer. <i>n</i>=2 | | (Ferris, 1922) |
| TBL | (1248.83-1300.02) 1274.43±36.20 | | 1400 |
| HL | (54.51-130.30) 91.95±42.55 | | |
| HW | (59.09-150.50) 103.62±49.51 | | |
| TW | (45.29-192.30) 119.84±82.55 | | |
| AL | (1007.06-1015.06) 1011.06±5.66 | | |
| TSPL | (103.04-105.40) 104.22±1.67 | | |
| TSPW | (89.55-92.30) 90.93±1.94 | | |
| CHIL | (66.02-68.50) 67.26±1.75 | | |



Figuras 29-33. *Fahrenholzia microcephala*, ♂. **29.** Vista ventral. **30.** Porción cefálica (PC). **31.** Pleuritos II-IV. **32.** Par de sedas del pleurito II (SII). **33.** Pleurito II dividido longitudinalmente.



Figuras 34-35. *Fahrenholzia microcephala*, ♂. **34.** Placa torácica (PT). **35.** Genitalia: Aedeagus (Ae), Parámeros (Pa), Pseudopene (Ps).



Figuras 36-39. *Fahrenholzia microcephala*, ♀. **36.** Vista ventral. **37.** Placa media longitudinal (PML) y par de sedas menores (SM). **38.** Placa Torácica (PT). **39.** Genitalia: Gonopodo VIII (GVIII), Placa genital (SP).



Figura 40. Distribución geográfica de *Fahrenholzia microcephala*. Nuevos registros ■

***Neohaematopinus neotomae* Ferris, 1942**
(Figuras 41-45)

Diagnosis: ♀ Primer segmento antenal sin prolongación posteroapical pero con la presencia de una seda gruesa; placa torácica cóncava en su margen posterior; presencia de un par de sedas gruesas en el terguito del tórax; presencia de pleuritos y esternitos en todos los segmentos abdominales de la hembra; pleuritos de los segmentos abdominales II-VI bien desarrollados (Ferris, 1942; Kim *et al.*, 1986).

Material estudiado: 1♂, 1♀, Puerto del Gallo, Municipio Gral. Heliodoro Castillo, Guerrero, 06-12 de diciembre del 2010, *ex Neotoma mexicana*.

Distribución conocida: Sureste de Estados Unidos (Kim *et al.*, 1986) hasta México (Cuadro 1; Figura 46).

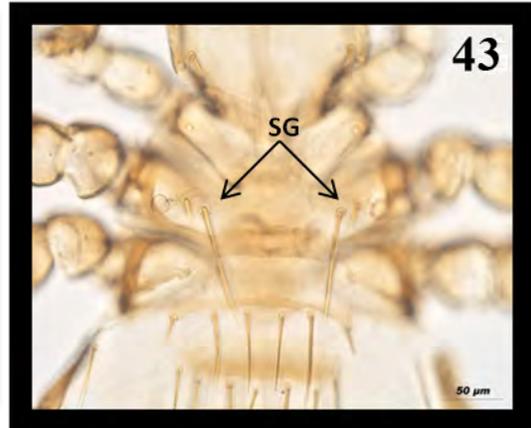
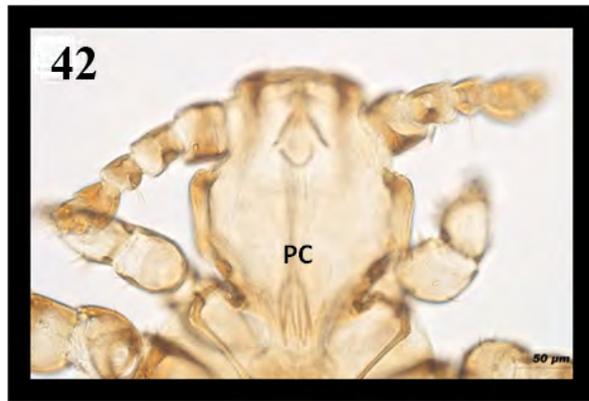
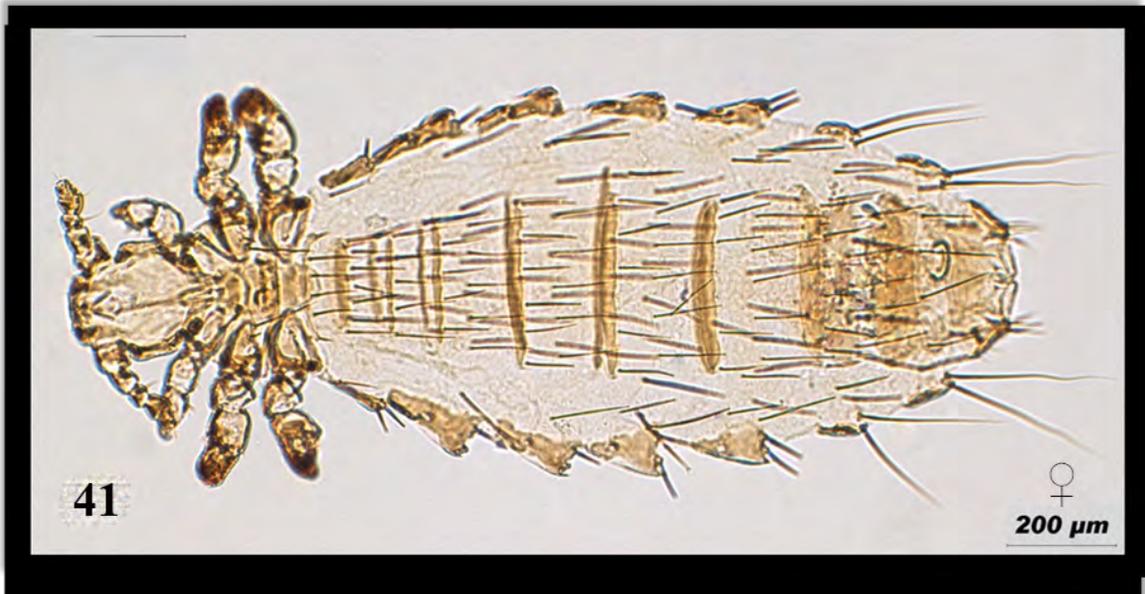
Comentarios taxonómicos: Todos los caracteres referidos en la descripción original de la especie coinciden en los ejemplares recolectados (Cuadro 8).

Nuevos registros: Es el primer registro de la especie y el género en la localidad y en el estado de Guerrero junto con *Neotoma mexicana* como huésped.

Cuadro 8. Medidas de machos y hembras de *Neohaematopinus neotomae* de la localidad de Puerto del Gallo, Guerrero.

| Machos | | |
|-----------------|---|-----------------------|
| Carácter | Puerto del Gallo, Guer. <i>n</i>=1 | (Ferris, 1916) |
| TBL | 702.73 | 1300 |
| HL | 47.52 | |
| HW | 39.49 | |
| TW | ND | |
| AL | ND | |
| TSL | 113.8 | |
| TSW | 75.86 | |
| CIL | 73.58 | |
| PL | ND | |

| Hembras | | |
|-----------------|---|-----------------------|
| Carácter | Puerto del Gallo, Guer. <i>n</i>=1 | (Ferris, 1916) |
| TBL | 1365.49 | 1500 |
| HL | 191.2 | |
| HW | 162.52 | |
| TW | 290.93 | |
| AL | 1023.58 | |
| TSPL | 127.28 | |
| TSPW | 93.83 | |
| CIIL | 82.86 | |



Figuras 41-45. *Neohaematopinus neotomae*, ♀. **41.** Vista ventral. **42.** Porción cefálica (PC). **43.** Par de sedas gruesas (SG) en esternito torácico. **44.** Placa torácica (PT). **45.** Genitalia: Placa genital (SP).



Figura 46. Distribución geográfica de *Neohaematopinus neotomae*. Nuevos registros ■

***Polyplax auricularis* Kellogg & Ferris, 1915**

(Figuras 47-56)

Diagnosis: ♂ Cabeza con múltiples sedas gruesas y un proceso post antenal prominente; tercer segmento antenal con presencia de un par de sedas pequeñas y delgadas; tórax con muchas sedas gruesas con forma de escamas en posición dorsoventral, las cuales se entremezclan con pequeñas sedas gruesas; placa torácica esternal con forma hexagonal y el borde posterior aplanado; terguitos abdominales densamente cubiertos por escamas, con algunas más pequeñas y engrosadas en los laterales; parámetros más cortos que el aedeagus. ♀ genitalia femenina con arreglos de sedas largas en cada lado de la abertura genital; (Kellogg y Ferris, 1915; Kim *et al.*, 1986).

Material estudiado: 3♂, 2♀, Km 134.5 de la Carretera 175 Oaxaca-Tuxtepec a 21 Km al Norte de Guelatao, Oaxaca, 22-25 de noviembre del 2010, *ex. Peromyscus beatae*; 28♂, 46♀, 17N, Km 134.5 de la Carretera 175 Oaxaca-Tuxtepec a 21 Km al Norte de Guelatao, Oaxaca, 22-25 de noviembre del 2010, *ex. Peromyscus megalops*; 3♂, 4♀, 2N Puerto del Gallo, Municipio Gral. Heliodoro Castillo, Guerrero 06-12 de diciembre del 2010, *ex. P. beatae, P. megalops*.

Distribución conocida: Estados Unidos (desde Alaska hasta el sureste), México (Cuadro 1; Figura 54), Costa Rica y Venezuela (Kim *et al.*, 1986).

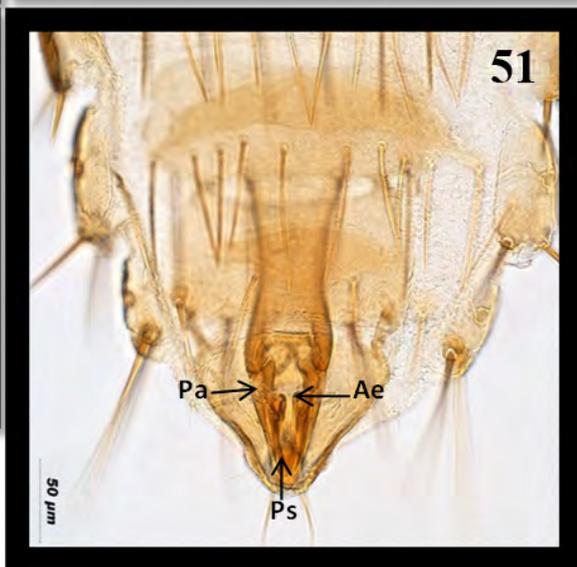
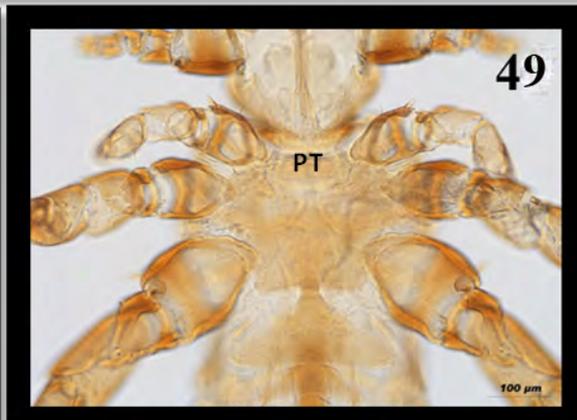
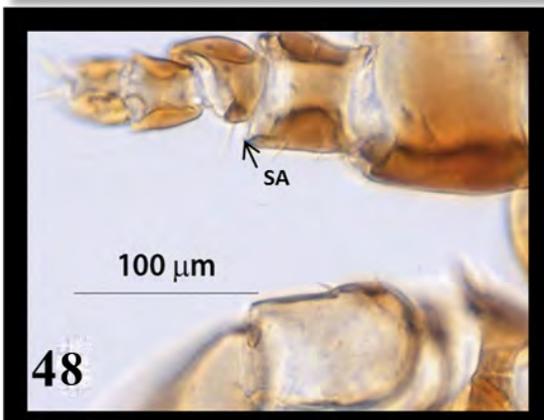
Comentarios taxonómicos: Los caracteres referidos en la descripción original de la especie coinciden con los ejemplares recolectados (Cuadro 9).

Nuevos registros: Los ejemplares son nuevos registros para ambas localidades y para el Estado de Guerrero. Por otra parte los registros de *P. beatae* y *P. megalops* representan dos nuevas especies de huéspedes.

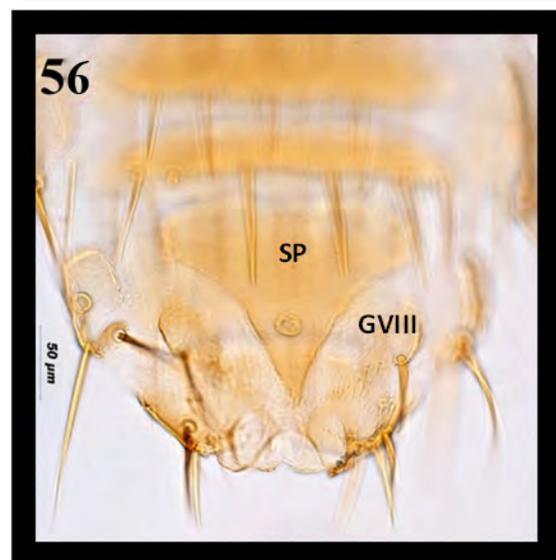
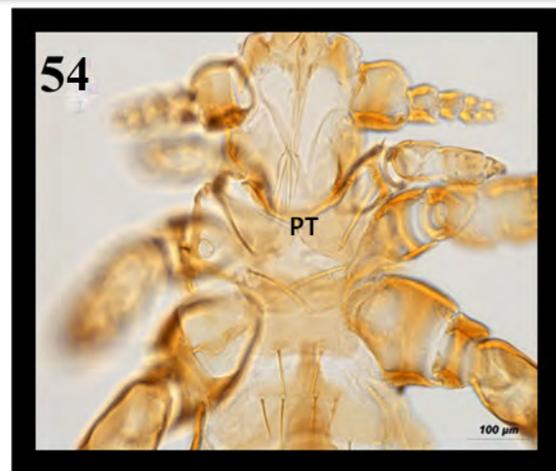
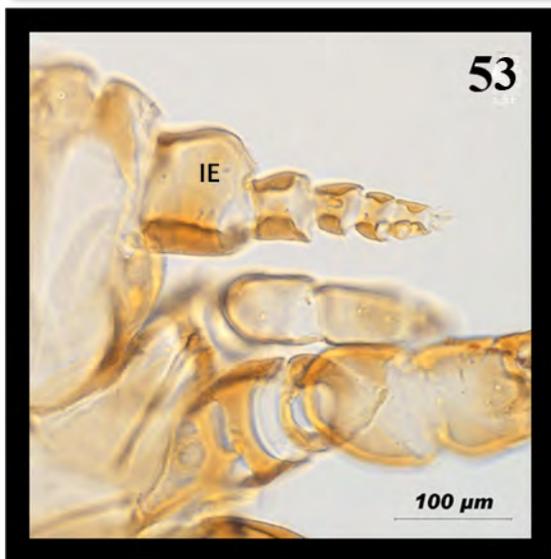
Cuadro 9. Medidas de machos y hembras de *Polyplax auricularis* de las localidades: Km 134.5 de la Carretera 175 Oaxaca-Tuxtepec, Oaxaca y Puerto del Gallo, Guerrero.

| Machos | | | |
|-----------------|--|--|-----------------------|
| Caracter | Km 134.5 de la Carretera 175, Oax. n=31 | Puerto del Gallo, Guer. n=3 | (Ferris, 1915) |
| TBL | (956.66-1140.10) 1048.38±129.71 | (960.15-1140.10) 1166.80±94.50 | 1100 |
| HL | (143.46-190.89) 167.18±33.54 | (143.46-192.18) 175.51±27.76 | 200 |
| HW | (137.40-170.68) 154.04±23.53 | (138.79-172.13) 160.53±18.84 | 140 |
| TW | (158.02-271.47) 214.75±80.22 | (160.15-273.00) 234.87±64.72 | 240 |
| AL | (610.40-778.65) 694.53±118.97 | (613.87-780.42) 724.31±95.65 | 620 |
| TSL | (103.62-146.19) 124.91±30.10 | (104.90-148.11) 133.07±24.41 | |
| TSW | (54.96-180.50) 117.73±88.77 | (55.55-182.45) 139.50±72.71 | |
| CIL | (56.41-74.13) 65.27±12.53 | (57.33-75.32) 68.93±10.06 | |
| PL | (59.92-65.53) 62.73±3.97 | (59.92-66.80) 62.33±3.87 | |

| Hembras | | | |
|-----------------|--|--|-----------------------|
| Caracter | Km 134.5 de la Carretera 175, Oax. n=48 | Puerto del Gallo, Guer. n=4 | (Ferris, 1915) |
| TBL | (1230.00-1376.10) 1321.22±78.66 | (1231.10-1447.61) 1335.52±87.09 | 1500 |
| HL | (143.45-218.24) 192.34±42.37 | (143.45-218.24) 185.63±31.71 | 220 |
| HW | (131.33-190.67) 170.17±33.65 | (131.33-190.67) 161.47±27.09 | 140 |
| TW | (179.18-293.38) 250.61±62.26 | (169.71-293.38) 219.53±61.28 | 250 |
| AL | (847.80-1194.66) 1020.99±173.43 | (847.80-1194.66) 987.87±133.70 | |
| TSPL | (110.86-148.05) 135.11±21.01 | (102.50-148.05) 124.37±21.30 | |
| TSPW | (70.05-170.19) 132.37±56.96 | (59.27-170.19) 103.79±56.17 | |
| CIHL | (68.00-114.97) 88.21±24.19 | (55.66-114.97) 76.29±23.72 | |



Figuras 47-51. *Polyplax auricularis*, ♂. **47.** Vista ventral. **48.** Par de sedas apicales (SA) en el tercer segmento antenal. **49.** Placa Torácica (PT). **50.** Sedas externas engrosadas. **51.** Genitalia: Aedeagus (Ae), Parámetros (Pa), Pseudopene (Ps).



Figuras 52-56. *Polyplax auricularis*, ♀. **52.** Vista ventral. **53.** Primer segmento antenal engrosado (IE). **54.** Placa Torácica (PT). **55.** Sedas externas engrosadas. **56.** Genitalia: Gonopodo VIII (GVIII), Placa genital (SP).



Figura 57. Distribución geográfica de *Polyplax auricularis*. Nuevos registros ■

Identificación molecular

De las seis especies de anopluros identificadas con base en el análisis de caracteres morfológicos, únicamente se obtuvieron secuencias de cinco de ellas debido a la falta de material biológico de *H. ferrisi* para llevar a cabo la extracción de DNA. La longitud de estas varió entre 244 y 410 pares de bases, siendo la más corta la de *N. neotomae* (244 pb) y las más largas de *H. emphereia* y *P. auricularis* (410 pb).

Se utilizó la opción Basic Local Alignment Search Tool [BLAST] (Altschul *et al.*, 1990), con la finalidad de comparar las secuencias obtenidas en el presente estudio con las de referencia que se encuentran en la base de datos especializada del Genbank (Benson *et al.*, 2005). Las cinco secuencias obtenidas exhiben porcentajes de similitud superiores al 80% en relación con las especies con las que morfológicamente se habían caracterizado (Cuadro 10).

Cuadro 10. Porcentaje de similitud entre las secuencias obtenidas en el presente trabajo y las secuencias de Genbank.

| Especie | E value* | % Similitud | Especie de referencia | No. de accesión |
|-----------------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------|
| <i>F. microcephala</i> | 4e-76 | 82% | <i>F. microcephala</i> | DQ324564 |
| <i>H. emphereia</i> | 4e-13 | 89% | <i>H. ferrisi</i> | HM171427 |
| <i>H. reithrodontomydis</i> | 3e-87 | 84% | <i>H. reithrodontomydis</i> | HM171432 |
| <i>N. neotomae</i> | 6e-64 | 97% | <i>N. neotomae</i> | HM171451 |
| <i>P. auricularis</i> | 6e-69 | 82% | <i>P. auricularis</i> | DQ324549 |

*Se refiere a la probabilidad de encontrar una secuencia con ese parecido a la nuestra dado el tamaño de su base de datos

Alineamiento de secuencias

Las cinco secuencias generadas en el presente trabajo fueron alineadas con otras 13 (obtenidas del Genbank) pertenecientes a las familias Hoplopleuridae y Polyplacidae, y una de un Ischnocero (*Columbicola columbae*), la cual se utilizó como grupo externo de acuerdo con lo propuesto por Light *et al.* (2010) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Taxa de referencia utilizados en la caracterización molecular.

| Especie | Huésped | País/Estado | No. de accesoión |
|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| <i>Hoplopleura ferrisi</i> | <i>Peromyscus difficilis</i> | México: Puebla | HM171427 |
| <i>Hoplopleura ferrisi</i> | <i>Peromyscus melanotis</i> | México: Estado de México | HM171428 |
| <i>Hoplopleura hirsuta</i> | <i>Sigmodon hispidus</i> | Estados Unidos: Texas | HM171430 |
| <i>Hoplopleura reithrodontomydis</i> | <i>Reithrodontomys</i> sp. | Estados Unidos: Arizona | HM171432 |
| <i>Hoplopleura reithrodontomydis</i> | <i>Reithrodontomys</i> sp. | Estados Unidos: Arizona | HM171433 |
| <i>Fahrenholzia ehrlichi</i> | <i>Liomys irroratus</i> | Estados Unidos: Texas | HM171442 |
| <i>Fahrenholzia ehrlichi</i> | <i>Liomys irroratus</i> | México: Puebla | HM171443 |
| <i>Fahrenholzia microcephala</i> | <i>Liomys pictus</i> | México: Veracruz | DQ324564 |
| <i>Fahrenholzia reducta</i> | <i>Chaetodipus formosus</i> | Estados Unidos: California | HM171444 |
| <i>Fahrenholzia zacatecae</i> | <i>Chaetodipus eremicus</i> | Estados Unidos: Nuevo México | HM171445 |
| <i>Neohaematopinus neotomae</i> | <i>Neotoma albigula</i> | Estados Unidos: California | HM171451 |
| <i>Neohaematopinus sciuropteri</i> | <i>Glaucomyssabrinus</i> | Estados Unidos: Oregón | HM171452 |
| <i>Polyplax auricularis</i> | ND | ND | DQ324549 |
| <i>Columbicola columbae</i> | <i>Columba livia</i> | ND | AF385003 |

El alineamiento inicial estuvo conformado por 19 secuencias con una longitud de 200 pb. Debido a que algunas secuencias alineadas (provenientes de Genbank) se encontraban incompletas, se eliminaron los sitios sobrantes para un mejor alineamiento y así obtener una sola secuencia consenso integrada por 153 pb. Esta secuencia consenso presentó 76 sitios conservados, 73 variables y 64 sitios filogenéticamente informativos (Anexo A).

Las frecuencias de composición nucleotídica quedaron conformadas de la siguiente manera: (A) 23.96%, (T/U) 32.92%, (C) 17.02% y 26.09% (G). El valor del sesgo de transición/transversión (*R*) fue de 1.63 (Cuadro 12).

Cuadro 12. Estimación de la matriz de sustitución de Kimura de 2 Parámetros. Las tasas de sustitución de transiciones se muestran en Negritas, mientras que las tasas de sustitución de transversiones en Cursivas.

| | A | T | C | G |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| A | - | 6.68 | 3.46 | 14.32 |
| T | 4.86 | - | 10.89 | 5.3 |
| C | 4.86 | 21.05 | - | 5.3 |
| G | 13.15 | 6.68 | 3.46 | - |

Análisis de distancias genéticas

El análisis de distancias genéticas incluyó las 19 secuencias y se generó una matriz de distancias utilizando el modelo de Kimura de 2 parámetros, analizándose un total de 153 posiciones (Cuadro 13).

Cuadro 13. Matriz de distancias genéticas generado con el Modelo de Kimura de 2 parámetros.

| Taxón | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|------|-------------|------|----|
| 1 <i>H. reithrodontomydis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 <i>H. emphereia</i> | 0.18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 <i>H. ferrisi</i> | 0.17 | 0.24 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 <i>H. ferrisi</i> | 0.12 | 0.13 | 0.21 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 <i>H. hirsuta</i> | 0.24 | 0.28 | 0.23 | 0.26 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 <i>H. reithrodontomydis</i> | 0.01 | 0.19 | 0.17 | 0.13 | 0.24 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 <i>H. reithrodontomydis</i> | 0.15 | 0.06 | 0.23 | 0.14 | 0.27 | 0.16 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 <i>F. ehrlichii</i> | 0.37 | 0.38 | 0.33 | 0.34 | 0.38 | 0.39 | 0.34 | | | | | | | | | | | | |
| 9 <i>F. ehrlichii</i> | 0.34 | 0.38 | 0.30 | 0.37 | 0.35 | 0.33 | 0.32 | 0.14 | | | | | | | | | | | |
| 10 <i>F. microcephala</i> | 0.36 | 0.40 | 0.35 | 0.36 | 0.40 | 0.36 | 0.34 | 0.31 | 0.23 | | | | | | | | | | |
| 11 <i>F. microcephala</i> | 0.39 | 0.40 | 0.37 | 0.46 | 0.42 | 0.39 | 0.39 | 0.29 | 0.23 | 0.21 | | | | | | | | | |
| 12 <i>F. reducta</i> | 0.38 | 0.32 | 0.30 | 0.38 | 0.34 | 0.38 | 0.32 | 0.26 | 0.31 | 0.31 | 0.35 | | | | | | | | |
| 13 <i>F. zacatecae</i> | 0.22 | 0.32 | 0.22 | 0.32 | 0.32 | 0.23 | 0.29 | 0.26 | 0.27 | 0.37 | 0.35 | 0.25 | | | | | | | |
| 14 <i>N. neotomae</i> | 0.27 | 0.27 | 0.25 | 0.27 | 0.30 | 0.27 | 0.27 | 0.29 | 0.36 | 0.33 | 0.35 | 0.29 | 0.27 | | | | | | |
| 15 <i>N. neotomae</i> | 0.28 | 0.26 | 0.24 | 0.26 | 0.29 | 0.28 | 0.26 | 0.28 | 0.36 | 0.34 | 0.35 | 0.29 | 0.28 | 0.01 | | | | | |
| 16 <i>N. sciuropteri</i> | 0.27 | 0.32 | 0.26 | 0.28 | 0.34 | 0.27 | 0.32 | 0.34 | 0.35 | 0.36 | 0.46 | 0.34 | 0.29 | 0.25 | 0.25 | | | | |
| 17 <i>P. auricularis</i> | 0.34 | 0.33 | 0.27 | 0.37 | 0.28 | 0.34 | 0.32 | 0.28 | 0.27 | 0.43 | 0.39 | 0.31 | 0.28 | 0.36 | 0.35 | 0.31 | | | |
| 18 <i>P. auricularis</i> | 0.29 | 0.27 | 0.30 | 0.28 | 0.28 | 0.29 | 0.28 | 0.31 | 0.27 | 0.41 | 0.32 | 0.32 | 0.29 | 0.34 | 0.35 | 0.29 | 0.22 | | |
| 19 <i>C. columbae</i> | 0.30 | 0.35 | 0.33 | 0.35 | 0.36 | 0.30 | 0.32 | 0.38 | 0.33 | 0.36 | 0.38 | 0.29 | 0.32 | 0.33 | 0.34 | 0.34 | 0.39 | 0.32 | |

1) *H. reithrodontomydis* Genbank (HM171432); 2) *H. emphereia*/Ex. *M. thomasi*/Puerto del Gallo, Guer.; 3) *H. ferrisi* Genbank (HM171427); 4) *H. ferrisi* Genbank (HM171428); 5) *H. hirsuta* Genbank (HM171429); 6) *H. reithrodontomydis* Genbank (HM171433); 7) *H. reithrodontomydis*/Ex. *R. summichrasti*/Puerto del Gallo, Guer.; 8) *F. ehrlichii* Genbank (HM171442); 9) *F. ehrlichii* Genbank (HM171443); 10) *F. microcephala* Genbank (DQ324564); 11) *F. microcephala*/Ex. *L. pictus*/Parque Estatal Cerro del Huizteco, Guer.; 12) *F. reducta* Genbank (HM171444); 13) *F. zacatecae* Genbank (HM171445); 14) *N. neotomae* Genbank (HM171451); 15) *N. neotomae*/Ex. *N. mexicana*/Puerto del Gallo, Guer.; 16) *N. sciuropteri* Genbank (HM171452); 17) *P. auricularis* Genbank (DQ324549); 18) *P. auricularis*/Ex. *P. beatae*/Km 134.5 de la Carretera 175 Oaxaca-Tuxtepec, Oax.; 19) *C. columbae* Genbank (AF385003).

La matriz de distancias genéticas mostró que las secuencias analizadas para las especies de anopluros recolectadas y las de referencia muestran un intervalo de distancia que va desde 0.01 a 0.46. Las distancias intraespecíficas más pequeñas se registraron entre las secuencias de *N. neotomae* con un valor de 0.01, mientras que las más grandes se registraron entre *F. microcephala* de Puerto del Gallo y la de *F. zacatecae* de Genbank (0.37, Cuadro 13).

Las secuencias pertenecientes a las especies del género *Neohaematopinus* y *Hoplopleura* estuvieron estrechamente vinculadas en cada caso, mostrando un intervalo que va desde 0.01-0.25 en el primero y de 0.01-0.28 en el último (Cuadro 14).

La distancia genética entre géneros oscilo entre 0.22 (*Hoplopleura* vs *Fahrenheitzia*) y 0.46 (*Hoplopleura* vs *Fahrenheitzia* y *Fahrenheitzia* vs *Neohaematopinus*), observándose que las especies del género *Hoplopleura* mantienen las distancias más grandes con respecto a las de los géneros *Fahrenheitzia*, *Neohaematopinus* y *Polyplax* (los cuales pertenecen a la familia Polyplacidae) (Cuadro 14).

Cuadro 14. Intervalos de distancias genéticas estimados entre las especies y los géneros de anopluro recolectados y de referencia.

| Género | Intervalo de distancia entre los géneros | | | |
|------------------------|--|----------------------|------------------------|-----------------|
| | <i>Hoplopleura</i> | <i>Fahrenheitzia</i> | <i>Neohaematopinus</i> | <i>Polyplax</i> |
| <i>Hoplopleura</i> | 0.01-0.28 | 0.22-0.46 | 0.24-0.32 | 0.27-0.32 |
| <i>Fahrenheitzia</i> | | 0.14-0.35 | 0.27-0.46 | 0.28-0.43 |
| <i>Neohaematopinus</i> | | | 0.01-0.25 | 0.29-0.36 |
| <i>Polyplax</i> | | | | 0.22 |

Con base en la matriz de distancias se construyó un dendograma mediante el método de Neighbor-Joining. En dicho análisis se pudieron identificar dos grandes grupos (Figura 58), el primero de ellos integrado por la mayoría de las especies del género *Fahrenheitzia*, excepto *F. zacatecae* la cual quedó incluida en el segundo grupo. Los taxones de *Fahrenheitzia* se agrupan de acuerdo con su similitud específica, particularmente *F. microcephala* recolectada en la localidad de Cerro del Huizteco, Guerrero, la cual quedó

asociada con la secuencia de *F. microcephala* de Genbank (con un valor de Bootstrap de 90).

El segundo grupo lo componen taxones de las familias Polyplacidae y Hoplopleuridae, los cuales conforman tres grandes subgrupos, uno de ellos integrado por dos secuencias del género *Polyplax* que se confirman como *P. auricularis*; el segundo por *Neohaematopinus* que incluye a *N. neotomae* y *N. sciuropteri* y finalmente las secuencias provenientes de ejemplares que conforman el complejo *H. hesperomydis*. Dentro de este complejo se forman dos subgrupos, el primero compuesto por *H. reithrodontomydis* y el de los ejemplares recolectados en Puerto del Gallo, Guerrero, identificados como *H. emphereia* y *H. reithrodontomydis* (Fig. 55).

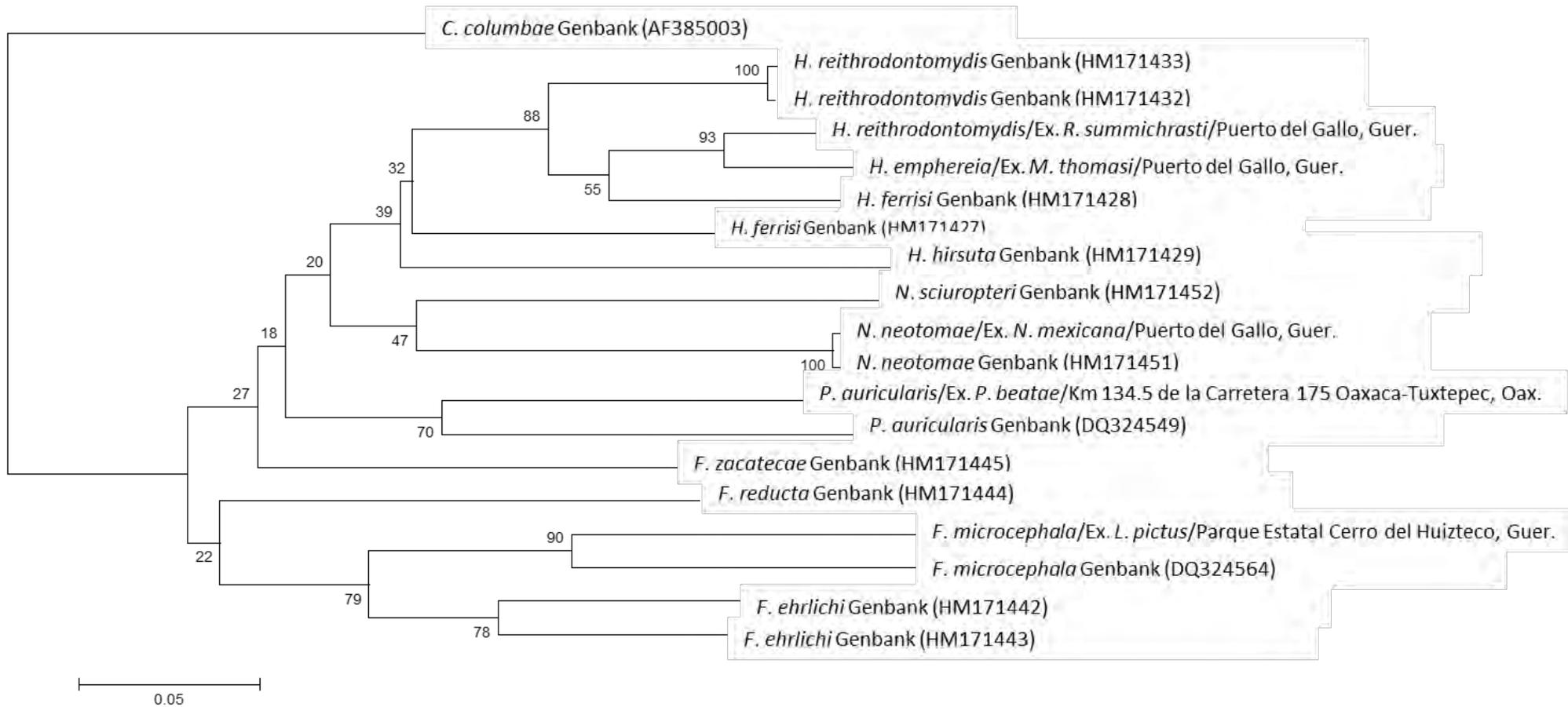


Figura 58 Dendrograma obtenido mediante el método de Neighbor-Joining donde se muestran las relaciones genéticas de las especies de anopluros recolectadas y las de referencia.

Análisis ecológico (Caracterización de las infestaciones)

Las especies de anopluros y sus niveles de infestación sobre los huéspedes variaron de manera importante entre las diferentes especies de roedores. La única especie de roedor que presentó más de un taxón asociado fue *P. megalops*, la cual presentó una co-infestación por *H. emphereia* y *P. auricularis* (Cuadro 10).

En el caso de la localidad de La Yerba Buena, *F. microcephala* fue la especie que registró la mayor prevalencia, abundancia e intensidad promedio, seguida por *H. ferrisi*. En contraste la especie que registró los valores más bajos fue *H. reithrodontomydis* sobre *R. mexicanus*.

En las localidades pertenecientes a la Sierra Norte de Oaxaca las especies que exhibieron los mayores valores de infestación fueron *H. emphereia* y *P. auricularis*, mientras que *H. reithrodontomydis* resultó nuevamente con los valores más bajos.

La localidad perteneciente al Parque Estatal Cerro del Huizteco presentó la menor riqueza de especies de anopluros, debido a que únicamente se recolectó una sola especie (*H. reithrodontomydis*) asociada con *H. schmidly*, sin embargo, esta registró una prevalencia de 50% y una abundancia de 2.

Por otra parte, la localidad de Puerto del Gallo fue la que exhibió la mayor riqueza específica con cuatro especies de anopluros, asociadas con seis especies de roedores cricétidos de cuatro géneros, siendo *H. emphereia* y *P. auricularis* las especies que ostentaron los mayores niveles de infestación, en contraste con *H. reithrodontomydis* (Cuadro 10).

En la mayoría de las especies los intervalos de infestación son menores a 15 anopluros por huésped parasitado, siendo un caso extremo *H. emphereia* asociado con *P. megalops* en las localidades de la Sierra Norte de Oaxaca, cuyo intervalo fue de 1 a 46 anopluros.

Cuadro 10. Resumen de la caracterización de las infestaciones por Estado. (*n*): Total de huéspedes colectados; (**HP**): Huéspedes parasitados; (**TA**): Total de anopluros; (**%**): Prevalencia; (**A**): Abundancia; (**X**): Intensidad Promedio; (**II**): Intervalo de intensidad.

Guerrero

Localidad Parque Estatal Cerro del Huizteco, Municipio de Taxco, Guerrero

| Huésped | <i>n</i> | HP | Anopluro | TA | % | A | X | II |
|--------------------------|----------|----|-----------------------------|----|----|---|---|-------|
| <i>Habromys schmidly</i> | 6 | 3 | <i>H. reithrodontomydis</i> | 12 | 50 | 2 | 4 | (2-7) |

Localidad Puerto del Gallo, Municipio de Gral. Heliodoro Castillo, Guerrero

| Huésped | <i>n</i> | HP | Anopluro | TA | % | A | X | II |
|------------------------------------|----------|----|-----------------------------|----|-------|-----|-----|--------|
| <i>Megadontomys thomasi</i> | 15 | 10 | <i>H. emphereia</i> | 66 | 66.7 | 4.4 | 6.6 | (1-17) |
| <i>Neotoma mexicana</i> | 2 | 2 | <i>N. neotomae</i> | 9 | 100.0 | 4.5 | 4.5 | (2-7) |
| <i>Peromyscus beatae</i> | 10 | 5 | <i>P. auricularis</i> | 7 | 50.0 | 0.7 | 1.4 | (1-3) |
| <i>Peromyscus megalops</i> | 15 | 9 | <i>H. emphereia</i> | 62 | 13.3 | 1.0 | 7.5 | (3-12) |
| | 15 | 2 | <i>P. auricularis</i> | 15 | 60.0 | 4.1 | 6.9 | (1-12) |
| <i>Reithodontomys bakeri</i> | 1 | 1 | <i>H. reithrodontomydis</i> | 3 | 100.0 | 3.0 | 3.0 | (-) |
| <i>Reithrodontomys sumichrasti</i> | 5 | 3 | <i>H. reithrodontomydis</i> | 5 | 60.0 | 1.0 | 1.7 | (1-2) |

Oaxaca

Localidad La Yerba Buena, Municipio de Santa Catarina Juquila

| Huésped | <i>n</i> | HP | Anopluro | TA | % | A | X | II |
|----------------------------------|----------|----|-----------------------------|----|-------|-----|-----|--------|
| <i>Liomys pictus</i> | 5 | 2 | <i>F. microcephala</i> | 15 | 40.0 | 3.0 | 7.5 | (3-12) |
| <i>Peromyscus aztecus</i> | 15 | 2 | <i>H. ferrisi</i> | 6 | 13.3 | 0.4 | 3.0 | (2-4) |
| <i>Peromyscus melanurus</i> | 35 | 4 | <i>H. ferrisi</i> | 19 | 11.4 | 0.5 | 4.8 | (1-16) |
| <i>Reithrodontomys mexicanus</i> | 1 | 1 | <i>H. reithrodontomydis</i> | 1 | 100.0 | 1.0 | 1.0 | (-) |

Localidad 3 km al Sur del Punto Ixtepeji, Municipio de Ixtlán de Juárez; Localidad Km 134.5 de la Carretera 175 Oaxaca-Tuxtepec, Municipio de Guelatao

| Huésped | <i>n</i> | HP | Anopluro | TA | % | A | X | II |
|----------------------------------|----------|----|-----------------------------|-----|------|------|------|--------|
| <i>Peromyscus aztecus</i> | 2 | 1 | <i>H. emphereia</i> | 2 | 50.0 | 1.0 | 2.0 | (-) |
| <i>Peromyscus beatae</i> | 7 | 2 | <i>P. auricularis</i> | 5 | 28.6 | 0.7 | 2.5 | (2-3) |
| <i>Peromyscus megalops</i> | 26 | 12 | <i>H. emphereia</i> | 133 | 46.2 | 5.1 | 11.1 | (1-46) |
| <i>Reithrodontomys mexicanus</i> | 2 | 1 | <i>H. reithrodontomydis</i> | 26 | 50.0 | 13.0 | 26.0 | (-) |

DISCUSIÓN

México es un país megadiverso en cuanto a especies de mamíferos se refiere (Neyra y Durand, 1998), y en particular para el grupo de los roedores; sin embargo, los estudios relacionados con la identificación de los anopluros que los infestan resultan escasos. Hasta el momento sólo 42 especies de anopluros se han registrado asociadas con 61 especies de roedores en el territorio nacional (Sánchez-Montes *et al.*, 2013); muchos de éstos representan registros aislados que no permiten determinar una clara distribución geográfica, ni el grado de especificidad hospedatoria de estos artrópodos sobre sus huéspedes.

La identificación específica de anopluros es compleja, debido a que muchas de las descripciones se han realizado a partir de un solo ejemplar (hembra o macho e inclusive estadios ninfales) desconociéndose aspectos tales como variación intraespecífica; además de que algunos caracteres morfológicos diagnósticos no resultan tan evidentes como en las descripciones originales, un ejemplo son las especies de hoplopleuros recolectadas, las cuales pertenecen al complejo *Hoplopleura hesperomydis* propuesto por Kim (1965) el cual comprende a: *H. emphereia*, *H. ferrisi*, *H. hesperomydis* y *H. reithrodontomydis*.

Estas especies presentan similitud de caracteres en cuanto a la disposición y tamaño de las sedas cefálicas, mismos que para otros grupos son caracteres discriminatorios importantes [*e.g. Enderleinellus*, *Linognathoides*] (Kim, 1965; Kim *et al.*, 1986). Por tal motivo consideramos otro conjunto de caracteres referidos por otros autores para la identificación de las especies (*e.g.* tamaño/terminación de la placa torácica, disposición de las sedas de la genitalia femenina y tamaño/ornamentación de la genitalia masculina), además de considerar al huésped asociado como un carácter extra para su identificación (Ferris, 1923; Johnson, 1972b; Kim *et al.*, 1986).

De las seis especies de anopluros identificadas morfológicamente, cinco de ellas se corroboraron molecularmente a través del uso del gen Citocromo Oxidasa Subunidad I (COI), lo cual permite reconocer su importancia como un marcador útil en la identificación específica.

Múltiples autores reportan que las divergencias genéticas entre las secuencias de especies de anopluros son superiores a las reportadas a nivel de género para otros

grupos taxonómicos (Lanteri, 2007). Particularmente entre las especies del género *Hoplopleura* se han registrado distancias de aproximadamente el 0.20 (e.g. 0.18 entre *Hoplopleura brasilensis*, 0.14 entre *Hoplopleura aitkeni* y 0.13 entre *Hoplopleura tiptoni*) reportadas para Perú (Smith *et al.*, 2008). En el presente estudio las distancias registradas entre las especies del género *Hoplopleura* varían del 0.01-0.28 (siendo *H. emphereia* la que registra la mayor distancia con respecto a *H. hirsuta*), registrándose un intervalo de 0.01-0.23 entre las especies del complejo *H. hesperomydis*. Valores similares se encontraron entre las secuencias de *F. microcephala* (0.21), *N. neotomae* (0.01) y *P. auricularis* (0.22) y las secuencias de referencia de Genbank (Cuadro 13).

Por otro lado resulta importante destacar que las secuencias de los ejemplares identificados morfológicamente como *H. emphereia* y *H. reithrodontomydis* se agrupan junto a la rama de *H. ferrisi* y estas a su vez con las secuencias de referencia de *H. reithrodontomydis*. Existe una fuerte controversia en materia de la diferencia interespecífica que existe entre *H. emphereia*, *H. ferrisi* y *H. reithrodontomydis* ya que Kim (1965) mencionó que *H. emphereia* compartía caracteres morfológicos con *H. ferrisi*. Posteriormente Johnson (1972a) postuló que *H. emphereia* y *H. reithrodontomydis* podrían tratarse de la misma especie. Esta interrogante deberá estudiarse mediante colectas dirigidas para obtener material de distintas zonas geográficas, la obtención de más secuencias y la utilización de diferentes métodos de reconstrucción filogenética para resolver la filogenia de este complejo de especies y considerar la variación intraespecífica y la plasticidad fenotípica.

La importancia de la obtención de secuencias en este trabajo radica en que es la primera vez que se caracterizan molecularmente tres especies de anopluros que infestan a roedores cricétidos en México (*H. reithrodontomydis*, *N. neotomae* y *P. auricularis*), a la par que se brinda la primer secuencia conocida para la especie *H. emphereia*.

En cuanto a la distribución de las especies de anopluros *H. reithrodontomydis*, se recolectó en cuatro localidades mientras que *F. microcephala* y *N. neotomae* solamente en una (Cuadro 10).

La especie más ampliamente distribuida es *F. microcephala* registrada en seis estados (Guerrero, Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Veracruz y Zacatecas) seguida por *P. auricularis* en cinco (Chiapas, Durango, Estado de México, Guerrero y Oaxaca), mientras que la especie

con la distribución más reducida fue *H. reithrodontomydis* en tres estados (Distrito Federal, Guerrero y Oaxaca). Particularmente *H. reithrodontomydis* se recolectó en las cuatro localidades, por lo cual es posible suponer que su área de distribución se encuentra en la Sierra Madre del Sur, abarcando desde la parte más norteña hasta el extremo sur.

Fahrenheitia microcephala, *H. ferrisi* y *N. neotomae* resultaron ser las especies con mayor afinidad Neártica (Figuras 28, 40 y 46), mientras que *H. emphereia* y *H. reithrodontomydis* exhibieron mayor afinidad Neotropical (Figura 28).

Por otro lado *P. auricularis* es una especie distribuida por todo el continente Americano, sin embargo su distribución en México resulta fragmentada probablemente por falta de esfuerzo de muestreo a lo largo del país (Figura 57), por lo cual se requiere la elaboración de estudios para llevar a cabo el inventario de anopluros asociados con roedores en otros estados del país.

En cuanto a las especies del Complejo *Hesperomydis*, *Hoplopleura emphereia* presenta afinidad Neotropical (Castro y González, 1997) mientras que *H. ferrisi* es Neártica (Kim *et al.*, 1986). Sin embargo, es posible suponer la presencia de un fenómeno de simpatria hacia el centro del país, en el Eje Neovolcánico Transversal dados los registros obtenidos de la literatura (Figura 28).

En cuanto a la caracterización de las infestaciones es importante señalar que algunos autores consideran que la intensidad promedio y la abundancia son los parámetros más importantes que deben analizarse (Rózsa *et al.*, 2000). En el presente trabajo la especie que registró los valores más altos de abundancia e intensidad promedio a lo largo de toda su distribución fue *H. emphereia* con una abundancia que fue de 4.1-5.1 y una intensidad promedio de 6.6-11.1 en dos especies de cricétidos. En contraparte *P. auricularis* registró los valores menores de abundancia con apenas 0.7 y una intensidad mínima de 1.4. Sin embargo, es importante destacar que todas las poblaciones de anopluros presentaron una distribución agregada con respecto a las de los huéspedes, lo cual concuerda con los principios de Crofton (1971). La prevalencia de anopluros fue superior al 50% en la mayoría de las poblaciones de roedores, fenómeno que puede explicarse por los hábitos gregarios que exhiben los huéspedes al compartir sitios de reposo (madrigueras y nidos).

La especie de roedor con la mayor riqueza de anopluros fue *P. megalops*, la cual se encontró co-infestada por *H. emphereia* y *P. auricularis*, mismo caso de infestación múltiple por ambas especies que ya había sido reportado en Panamá sobre *Reithrodontomys creper* (Johnson, 1972b). En las restantes 10 especies de roedores se presentó únicamente una especie de anopluro asociada con cada una de ellas, o en algunos casos compartidas entre especies de huéspedes del mismo género.

Hoplopleura reithrodontomydis fue la única especie que estuvo en dos géneros de cricétidos (*Habromys* y *Reithrodontomys*), siendo la primera vez que se registra un anopluro sobre *H. schmidly*. Por otro lado *H. reithrodontomydis* únicamente se había reportado infestando roedores del género *Reithrodontomys*, los cuales presentan hábitos arborícolas o semi-arborícolas (Ceballos *et al.*, 2005), lo cual hace suponer que puede existir un fenómeno de transmisión horizontal debido a que ambas especies de huéspedes presentan hábitos similares, además de que en la localidad de Cerro del Huizteco también se colectaron ejemplares del género *Reithrodontomys*. La elevada prevalencia (50%) y un intervalo de infestación que va de 2-7 piojos resulta concordante con los datos reportados por Durden (2002) acerca de infestaciones naturales en roedores, lo cual hace reconsiderar el hecho de que *H. reithrodontomydis* es un parásito habitual de esta especie de roedor y no supone una infestación accidental, fenómeno que podría estudiarse mediante el análisis comparativo de las filogenias de ambos grupos, para establecer la existencia de coevolución parásito-huésped (Clayton y Johnson, 2003; Light y Hafner, 2007) .

La caracterización de las especies de anopluros asociadas con roedores resulta de vital importancia en materia de salud pública, debido al potencial que exhiben como vectores de diversos microorganismos patógenos (Azad, 1990; Gillespie *et al.*, 2009). Algunas especies de los géneros *Hoplopleura*, *Neohaematopinus* y *Polyplax* han sido identificadas como vectores de los siguientes microorganismos en el mundo: *Bartonella* sp. (Durden *et al.*, 2004, Tsai *et al.*, 2010), *Bartonella rattimassiliensis* (Reeves *et al.*, 2006), *Bartonella tribocorum* (Reeves *et al.* 2006), *Haemobartonella muris* (Crystal 1958) y *Rickettsia typhi* (Azad, 1990). Particularmente en México, *Polyplax spinulosa* fue identificado como el transmisor de *Rickettsia prowazekii* causante de tifo epidémico en poblaciones de *Rattus* en el Distrito Federal (Mooser *et al.*, 1931), por lo cual es necesario emprender estudios de prevalencia y de casos y controles para identificar si *P. auricularis* es transmisor de la

enfermedad en el medio silvestre. Aunado a ello y la estrecha relación que guardan con sus huéspedes resultan un grupo idóneo para realizar estudios de coevolución parásito-huésped (Ligh y Hafner, 2007; Light y Hafner, 2008; Light *et al.* 2010).

Por tal motivo es de vital importancia continuar con estudios relacionados con la taxonomía, ecología, biogeografía y de caracterización de vectores, aunado al hecho de la necesidad de ampliar los muestreos en el país, establecerse más colecciones de referencia y obtener secuencias de estos anopluros, los cuales representan un componente de la biodiversidad.

CONCLUSIONES

- ✚ Se establece el registro de seis especies de anopluros parásitos de 13 especies de roedores cricétidos y una de heterómidos en cuatro localidades de los estados de Guerrero y Oaxaca.
- ✚ Todos los sitios muestreados constituyen nuevos registros de localidad para las especies de anopluros estudiadas.
- ✚ Se registran por primera vez las especies de anopluros asociados a *H. schmidly*, *P. aztecus*, *N. mexicana*, *R. bakeri* y *R. sumichrasti*.
- ✚ Con este estudio se incrementan a cuatro especies de anopluros para Guerrero y diez para Oaxaca.
- ✚ Las poblaciones de roedores de las localidades de La Yerba Buena, Oaxaca y Puerto del Gallo, Guerrero fueron las que registraron la mayor riqueza de especies de anopluros asociadas, (cuatro especies cada una), seguidas por Sierra Norte con tres; mientras que en la de Cerro del Huizteco la riqueza fue de una especie.
- ✚ *Hoplopleura reithrodontomydis* representa el primer registro de un anopluro sobre *Habromys schmidly*. La presencia de esta especie sobre este roedor sugiere una vía de infestación horizontal entre individuos del género *Reithrodontomydis* y *Habromys* posiblemente por hábitos compartidos.
- ✚ De las especies identificadas morfológicamente, cinco de ellas fueron corroboradas molecularmente mediante la comparación de sus secuencias con las del Genebank. Tres de ellas (*H. reithrodontomydis*, *N. neotomae* y *P. auricularis*) representan las primeras secuencias de estas especies obtenidas de ejemplares mexicanos.

- ✚ Se obtuvo la primera secuencia del gen Citocromo Oxidasa Subunidad I para la especie caracterizada morfológicamente como *H. emphereia*.
- ✚ *Fahrenholzia microcephala* es la especie registrada en este trabajo más ampliamente distribuida en el país.
- ✚ Es la primera vez que se reporta co-infestación de *H. emphereia* y *P. auricularis* sobre *P. megalops*, infestación múltiple registrada previamente sobre *R. creper* en Sudamérica.
- ✚ *Hoplopleura emphereia* obtuvo los valores más altos de abundancia (4.1-5.1) y una intensidad promedio (6.6-11.1) en las dos localidades donde se recolectó.
- ✚ El conocimiento sobre la biología de la mayoría de las especies de anopluros identificadas en el presente trabajo resulta escaso, aunado al hecho de que se desconoce su importancia en materia de salud pública como vectores de diversos microorganismos patógenos, por tal motivo es fundamental emprender estudios ecológicos, epidemiológicos y evolutivos con este grupo.

BIBLIOGRAFÍA

Almazán JC, Sánchez H y ML Romero (2005) Registros sobresalientes de mamíferos del estado de Guerrero, México. *Acta Zoológica Mexicana* 21: 155–157.

Altschul SF, Gish W, Miller W, Myers EW, Lipman DJ (1990) Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology* 215: 403-410.

Arita HT y L León-Paniagua (1993) Diversidad de mamíferos terrestres. *Revista Ciencias, Número Especial* 7: 13-22.

Azad AF (1990) Epidemiology of murine typhus. *Annual Review of Entomology* 35: 553-569.

Azad AF y C Beard (1998) Rickettsial pathogens and their arthropod vectors. *Emerging Infectious Diseases* 4: 179–186.

Becerril MA (2008) Aspectos generales de la parasitología. *In* Parasitología médica: de las moléculas a la enfermedad. M.A. Becerril y C. Romero (eds.) McGraw Hill Interamericana, México. p. 7-11.

Benson DA, Karsch-Mizrachi I, Lipman DJ, Ostell J, Wheeler DL (2005) GenBank. *Nucleic Acids Research* 33: D34-38.

Briones-Salas SM y V Sánchez-Cordero (2004) Mamíferos. *In*: Biodiversidad de Oaxaca. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M.A. Briones-Salas (eds.) Instituto de Biología-UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found, México. p. 423-447.

Brooks D, V León-Regagnon y G Pérez-Ponce de León (2001) Los parásitos y la biodiversidad. *In* H. M. Hernández, A. N. García Aldrete, F. Álvarez y M. Ulloa (eds.)

Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad. Instituto de Biología. UNAM, México. p. 245-289.

Bush AO, KD Lafferty y JM Lotz (1997) Parasitology meets ecology on its own terms. *Journal of Parasitology* 83: 575-583.

Castro-Arellano I (2005) *Peromyscus melanurus*. In: Los mamíferos silvestres de México. G. Ceballos y G. Oliva (eds.). CONABIO–UNAM–Fondo de Cultura Económica, México D.F. p. 757-758.

Castro D Del C y A González (1997) Species of the genus *Hoplopleura* Enderlein, 1904 rodent parasites from the neotropical region. *Papeis Avulsos De Zoologia* 40: 203-215.

Ceballos G, Arroyo J y RA Medellín (2002) The mammals of México: composition, distribution, and status. *Occasional Papers, Texas Tech University* 218: 1 – 27.

Ceballos G, Bradley RD y F Méndez-Harclerode (2005) *Reithrodontomys bakeri*. In: Los mamíferos silvestres de México. G. Ceballos y G. Oliva (eds.). CONABIO–UNAM–Fondo de Cultura Económica, México D.F. p. 777-778.

Ceballos G y G Oliva (2005) Los mamíferos silvestres de México. CONABIO – Fondo de Cultura Económica, México, D.F. 986 p.

Clayton D y KP Johnson (2003) Linking coevolutionary history to ecological process: doves and lice. *Evolution* 57: 2335–2341.

Cook EF y JR Beer (1959) The immature stages of the genus *Hoplopleura* (Anoplura: Hoplopleuridae) in North America, with descriptions of two new species. *Journal of Parasitology* 5: 405-416.

Crofton HD (1971) A model of host–parasite relationships. *Journal of Parasitology* 63: 343-364.

Cruickshank RH, Johnson KP, Smith VS, Adams RJ, Clayton DH y RD Page (2001) Phylogenetic analysis of partial sequences of elongation factor 1 α identifies major groups of lice (Insecta: Phthiraptera). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 19: 202-215.

Crystal MM (1958) The mechanism of transmission of *Haemobartonella muris* (Mayer) of rats by the spined rat louse, *Polyplax spinulosa* (Burmeister). *Journal of Parasitology* 44: 603-606.

Dagleish RC, Palma RL, Price RD y VS Smith (2006) Fossil lice (Insecta: Phthiraptera) reconsidered. *Systematic Entomology* 31: 648-651.

De Bary A (1879) Die Erscheinung der Symbiose. Vortrag auf der Versammlung der Deutschen Naturforscher und Aertze zu Cassel. Verlag von Karl J. Trubner, Strasburg, pp. 1-30.

Domínguez Y y G Ceballos (2005) *Liomys pictus*. In: Los mamíferos silvestres de México. G. Ceballos y G. Oliva (eds.). CONABIO–UNAM–Fondo de Cultura Económica, México D.F. p. 629-630.

Durden LA (2002) Lice. In: Medical and Veterinary Entomology. G.R. Mullen y L.A. Durden (eds). 2^{ed}. Academic Press/Elsevier Science, San Diego. p 45-63.

Durden LA, Ellis BA, Banks CW, Crowe JD & J.H. Jr Oliver (2004) Ectoparasites of gray squirrels in two different habitats and screening of selected ectoparasites for Bartonellae. *Journal of Parasitology* 90: 485-489.

Durden LA y GG Musser (1994) The sucking lice (Insecta: Anoplura) of the world: a taxonomic checklist with records of mammalian hosts and geographical distributions. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 218: 1–90.

Emerson KC (1971) New records of Anoplura from Mexico. *Journal of the Kansas Entomological Society* 44: 374-377.

Escalante T, Rodríguez G y JJ Morrone (2005) Las provincias biogeográficas del Componente Mexicano de Montaña desde la perspectiva de los mamíferos continentales. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76: 199-205.

Ewing HE (1935) The taxonomy of the anopluran genera *Polyplax* and *Eremophthirius*, including the description of new species. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 48: 201-210.

Ferris GF (1921) Contributions towards a monograph of the sucking lice. Part II. *Stanford University Publications, Biological Sciences*, 2: 52-133.

Ferris GF (1922) Contributions towards a monograph of the sucking lice. Part III. *Stanford University Publications, Biological Sciences*, 2: 134-178.

Ferris GF (1923) Contributions towards a monograph of the sucking lice. Part IV. *Stanford University Publications, Biological Sciences*, 2: 179-270.

Ferris GF (1942) Some North American rodent-infesting lice (Insecta: Anoplura). *Microentomology* 7: 84-90.

Ferris GF (1951) The sucking lice. *Memoirs of the Pacific Coast Entomological Society* 1: 1-320.

Futuyma DJ (2005) *Evolution*. Sinauer Ass., Sunderland, Massachusetts. 603 pp.

Gardner SL y ML Campbell (1992) Parasites as probes for biodiversity. *Journal of Parasitology* 78: 596-600.

Gillespie JJ, Ammerman NC, Beier M, Sobral BR y AF Azad (2009) Louse and flea borne rickettsioses: biological and genomic analyses. *Veterinary Research* 40: 12.

Glicken A y RG Schwab (1980) Modes of ectoparasite reinfestations of deer mice (*Peromyscus maniculatus*). *Journal of Wildlife Diseases* 16: 577-586.

González-Acuña D, Castro D Del C y L Moreno-Salas (2003) Contribución al conocimiento de los Phthiraptera (Anoplura: *Hoplopleura*) parásitos de roedores en Chile. *Gayana Zoología* 67: 117-119.

Harwood RF y MT James (1987) Entomología Médica y Veterinaria. México; LIMUSA. 616 p.

Hopla CE, Durden LA y JE Keirans (1994) Ectoparasites and classification. *Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties* 13: 985-1017.

INAFEDa. [Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Última Actualización] 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Guerrero. http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_Guerrero. Fecha de consulta. 05/03/2013.

INAFEDb. [Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Última Actualización] 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Oaxaca. http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_Oaxaca. Fecha de consulta. 05/03/2013.

Johnson PT (1962) The species of *Fahrenholzia* Kellogg and Ferris from spiny pocket mice (Anoplura: Hoplopleuridae) *Annals of Entomology Society of America* 55: 415-428.

Johnson PT (1972a) Sucking lice of Venezuelan rodents, with remarks on related species. *Brigham Young University Science Bulletin. Biological Series* 17: 1-62.

Johnson PT (1972b) On the rodent infesting Anoplura of Panama. *Great Basin Naturalist*, 32: 121-136.

Kanehisa M, Goto S, Sato Y, Furumichi M, Tanabe M (2012) KEGG for integration and interpretation of large-scale molecular data sets. *Nucleic Acids Research* 40: D109-114.

Kellogg VL y GF Ferris (1915) The Anoplura and Mallophaga of North American mammals. Leland Stanford Junior University Publications, University Series, Stanford University Press, California, 74 pp.

Kim KC (1965) A review of the *Hoplopleura hesperomydis* complex (Anoplura, Hoplopleuridae). *Journal of Parasitology* 51: 871-887.

Kim KC, Brown WB y EF Cook (1966) A quantitative taxonomic study of the *Hoplopleura hesperomydis* complex (Anoplura, Hoplopleuridae), with notes on a posteriori taxonomic characters. *Systematic Biology* 15: 24-45.

Kim KC y HW Ludwig (1978a) Phylogenetic relationship of parasitic Psocodea and taxonomic position of the Anoplura. *Annals of Entomological Society of America* 71: 910-922.

Kim KC y HW Ludwig (1978b) The family classification of the Anoplura. *Systematic Entomology* 3: 249-284.

Kim KC, Pratt HD y CJ Stojanovich (1986) The sucking lice of North America: an illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press, University Park and London, 241 pp.

Kim KC (1988) Evolutionary parallelism in Anoplura and eutherian mammals. *In: Biosystematics of Haematophagous Insects*, Service MW (eds.). Clarendon Press, Oxford University Press, Inglaterra, Oxford, p. 91-114.

Krantz GW y DE Walter (2009) A Manual of Acarology. 3a ed. Texas Tech University Press, Lubbock, Texas. 807 pp.

Lanteri AA (2007) Código de barras del ADN y sus posibles aplicaciones en el campo de la Entomología. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 66: 15-25.

Light JE y MS Hafner (2007) Phylogenetics and host associations of *Fahrenholzia* sucking lice (Phthiraptera: Anoplura). *Systematic Entomology* 32: 359-370.

Light JE y MS Hafner (2008) Codivergence in heteromyid rodents (Rodentia: Heteromyidae) and their sucking lice of the genus *Fahrenholzia* (Phthiraptera: Anoplura). *Systematic Biology* 57: 449-465.

Light JE, Smith VS, Allen JM, Durden LA y DI Reed (2010) Evolutionary history of mammalian sucking lice (Phthiraptera: Anoplura). *Evolutionary Biology* 10: 292-317.

Llorente-Bousquets J y S Ocegueda (2008) Estado del conocimiento de la biota. *In: Capital Natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, p. 283-322.

Lyal CH (1985) Phylogeny and classification of the Psocodea, with particular reference to the lice (Psocodea: Phthiraptera). *Systematic Entomology* 10: 145-165.

Marsico TD, Wallace LE, Ervin GN, Brooks CP, McClure JE y ME Welch (2010) Geographic patterns of genetic diversity from the native range of *Cactoblastis cactorum* (Berg) support the documented history of invasion and multiple introductions for invasive populations. *Biological Invasions* 2: 654-671.

Mooser H, Castaneda MR y H Zinsser (1931) The transmission of the virus of Mexican typhus from rat to rat by *Polyplax spinulosa*. *Journal of Experimental Medicine* 54: 567-575.

Morlan HB y CC Hoff (1957) Notes on some Anoplura from New Mexico and Mexico. *Journal of Parasitology* 43: 347–351.

Morrone JJ (2005) ¿Hacia una síntesis biogeográfica de México? *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:207-252.

Neyra L y L Durand (1998) Biodiversidad. *In*: La diversidad biológica de México: Estudio del país, 1998. CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. p. 66-93.

Page RD, Cruickshank RH, Dickens M, Furness RW, Kennedy M, Palma RL y VS Smith (2004) Phylogeny of "*Philoceanus* complex" seabird lice (Phthiraptera: Ischnocera) inferred from mitochondrial DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 30: 633-652.

Peña LA y Y Domínguez (2005) *Megadontomys thomasi*. *In*: Los mamíferos silvestres de México. G. Ceballos y G. Oliva (eds.). CONABIO–UNAM–Fondo de Cultura Económica, México D.F. p. 679–680.

Pratt HD y JE Lane (1951) *Hoplopleura oryzomidis* new species, with notes on other United States species of *Hoplopleura* (Anoplura: Haematopinidae). *Journal of Parasitology* 37: 141-146.

Ramos-Casillas F (2003) Detección de *Rickettsia typhi* (Rickettsiales: Rickettsiadea) en roedores y vectores en el Noreste de México. Tesis, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. 76 p.

Ramírez-Pulido J, Aguilar C y A Castro-Campillo (2005a) *Peromyscus aztecus*. In: Los mamíferos silvestres de México. G. Ceballos y G. Oliva (eds.). CONABIO–UNAM–Fondo de Cultura Económica, México D.F. p. 721–722.

Ramírez-Pulido J, Quijano-Pérez R, Aguilera U y A. Castro-Campillo (2005b) *Reithrodontomys sumichrasti*. In: Los mamíferos silvestres de México. G. Ceballos y G. Oliva (eds.). CONABIO–UNAM–Fondo de Cultura Económica, México D.F. p. 789–790.

Reeves WK, Szumlas DE, Moriarity JR, Loftis AD, Abbassy MM, Helmy IM y Dasch GA 2006. Louse-borne bacterial pathogens in lice (Phthiraptera) of rodents and cattle from Egypt. *Journal of Parasitology* 92: 313-318.

Roberts LS y J Janovy (2009) Foundations of Parasitology. 8th Ed. McGraw-Hill, Dubuque, IA. 701p.

Rojas-Martínez AE (2005) *Peromyscus beatae*. In: Los mamíferos silvestres de México. G. Ceballos y G. Oliva (eds.). CONABIO–UNAM–Fondo de Cultura Económica, México D.F. p. 722-723.

Romero-Almaraz ML, Sánchez-Hernández C, García-Estrada C y RD Owen (2007) Mamíferos pequeños. Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio. Las Prensas de Ciencias. México, D. F. 201pp.

Romo-Vázquez E, León-Paniagua L, O Sánchez (2005) A new species of *Habromys* (Rodentia: Neotominae) from México. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 118: 605-618.

Rózsa L, Reiczigel J y G. Majoros (2000) Quantifying parasites in samples of hosts. *Journal of Parasitology* 86:228-32.

Sánchez-Montes S, Guzmán-Cornejo C, León-Paniagua L y G Rivas (2013) A checklist of sucking lice (Insecta: Phthiraptera: Anoplura) associated with Mexican wild mammals, including geographical records and a host-parasite list. *Zootaxa* 3722: 183-203.

Sánchez O y G Ceballos (2005) *Reithrodontomys mexicanus*. In: Los mamíferos silvestres de México. G. Ceballos y G. Oliva (eds.). CONABIO–UNAM–Fondo de Cultura Económica, México D.F. p. 785–786.

SINAVE [Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica] (2006) **Boletín de Epidemiología**. 23 (13). Semana 13 Del 26 de marzo al 1 de abril del 2006.

Smith VS, Light JE y LA Durden (2008) Rodent louse diversity, phylogeny, and cospeciation in the Manu Biosphere Reserve, Peru. *Biological Journal of the Linnean Society* 95: 598-610.

Stojanovich CJ y H Pratt (1961a) Key to the North American sucking lice in the genera *Hoplopleura* and *Neohaematopinus* with descriptions of two species (Anoplura: Hoplopleuridae). *Journal of Parasitology* 47: 312-316.

Stojanovich CJ y H Pratt (1961b) *Fahrenholzia texana*, new species, with a key to the United States species of *Fahrenholzia* (Anoplura: Hoplopleuridae). *Annals of the Entomological Society of America* 54: 693-696.

Stojanovich CJ y H Pratt (1965) Key to Anoplura of North America. US. Department of Health, Education and Welfare Public Health Service. Communicable Disease Center. Atlanta Georgia: 1-23.

Stoesser G, Baker W, van den Broek A, Camon E, Garcia-Pastor M, Kanz C, Kulikova T, Leinonen R, Lin Q, Lombard V, Lopez R, Redaschi N, Stoehr P, Tuli MA, Tzouvara K, Vaughan R (2002) The EMBL Nucleotide Sequence Database. *Nucleic Acids Research* 30:21-26.

Tamura K, Peterson D, Peterson N, Stecher G, Nei M y S Kumar (2011) MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. *Molecular Biology and Evolution* doi: 10.1093.

Tapia R (2006) Vectores. Cap. 4. *In:* R. Tapia. (ed). El Manual de Salud Pública. Ed. Intersistemas. p. 420-430.

Tsai YL, Chuang ST, Chang CC, Kass PH y Chomel BB (2010) *Bartonella* species in small mammals and their ectoparasites in Taiwan. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 83: 917-923.

Van Valen L (1983) How pervasive is coevolution? *In:* MH Nitecki (ed). *Coevolution*. Chicago: University of Chicago Press. p. 1-19.

Vaughan T, Ryan J y N. Czaplewski (1999) *Mammalogy*. 4th ed. Saunders College Publishing. Philadelphia, 565 pp.

Werneck FL (1952) Contribuição ao conhecimento dos anopluros. I. *Revista Brasileira de Biologia* 12: 69-78.

Wirth WW y N Marston (1968) A method for mounting small insects on microscope slides in Canada balsam. *Annals of Entomology Society of America* 61:783-784.

Wilson DE y DM Reeder (2005) *Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference*, 3rd ed, Johns Hopkins University Press, 142 pp.

Whitaker JO y JB Morales-Malacara (2005) Ectoparasites and other associate (ectodytes) of mammals of Mexico. *In:* V. Sánchez-Cordero, R. Medellín (eds.). *Contribuciones Mastozoológicas en Homenaje a Bernardo Villa*. p. 535-666.

Yong Z, Fournier PE, Rydkina E y D Raoult (2003) The geographical segregation of human lice preceded that of *Pediculus humanus capitis* and *Pediculus humanus humanus*. *Comptes Rendus Biologies* 326: 565-574.

Zarza H y G Ceballos (2005a) *Neotoma mexicana*. In: Los mamíferos silvestres de México. G. Ceballos y G. Oliva (eds.). CONABIO–UNAM–Fondo de Cultura Económica, México D.F. p. 693–694.

Zarza H y G Ceballos (2005b) *Peromyscus megalops*. In: Los mamíferos silvestres de México. G. Ceballos y G. Oliva (eds.). CONABIO–UNAM–Fondo de Cultura Económica, México D.F. p. 750.

Anexo A

Alineamiento de secuencias del gen Citocromo Oxidasa Subunidad I (COI) **1)** *H. reithrodontomydis* Genbank (HM171432); **2)** *F. microcephala*/Ex. *L. pictus*/Parque Estatal Cerro del Huizteco, Guer. **3)** *H. emphereia*/Ex. *M. thomasi*/Puerto del Gallo, Guer. **4)** *P. auricularis*/Ex. *P. beatae*/Km 134.5 de la Carretera 175 Oaxaca-Tuxtepec, Oax.;**5)** *H. reithrodontomydis*/Ex. *R. summichrasti*/Puerto del Gallo, Guer.; **6)** *F. ehrlichi* Genbank (HM171442);**7)** *F. ehrlichi* Genbank (HM171443); **8)** *F. microcephala* Genbank (DQ324564); **9)** *F. reducta* Genbank (HM171444); **10)** *F. zacatecae* Genbank (HM171445); **11)** *H. ferrisi* Genbank (HM171427); **12)** *H. ferrisi* Genbank (HM171428); **13)** *H. hirsuta* Genbank (HM171429); **14)** *H. reithrodontomydis* Genbank (HM171433); **15)** *N. neotomae*/Ex. *N. mexicana*/Puerto del Gallo, Guer.; **16)** *N. neotomae* Genbank (HM171451); **17)** *N. sciuropteri* Genbank (HM171452); **18)** *P. auricularis* Genbank (DQ324549); **19)** *C. columbae* Genbank (AF385003).

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|
| | . | . | . | . | I | . | . | . | . | 10 | . | . | . | . | I | . | . | . | . | 20 | . | . | . | . | I | . | . | . | . | 30 | . | . | . | . | I | . | . | . | . | 40 |
| 1 | G | T | G | C | C | T | T | G | G | G | - | - | - | G | T | T | T | G | T | A | G | T | A | T | G | G | G | C | C | C | A | T | C | A | T | A | T | G | T | T |
| 2 | . | G | A | T | T | . | . | A | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | T | . | G | G | G | C | . | . | . | C | . | A | C | . | A | . | . | . |
| 3 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | G | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | C | . | . | . | . | . |
| 4 | . | G | . | . | T | . | . | A | . | . | . | . | . | . | . | . | . | T | . | . | . | . | G | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | A | . |
| 5 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | G | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| 6 | . | . | . | T | T | C | . | . | . | . | . | . | . | A | . | . | . | . | . | . | . | . | C | . | A | . | T | . | . | C | . | . | . | . | A | . | . | | | |
| 7 | . | C | . | T | T | . | . | A | . | . | . | . | . | . | . | C | . | . | . | . | . | . | C | . | A | . | T | . | . | . | C | . | . | . | A | . | . | | | |
| 8 | . | A | A | T | T | . | . | A | . | . | . | . | . | A | . | C | . | . | . | . | . | . | T | . | A | . | . | . | . | . | C | . | C | . | . | A | . | . | | |
| 9 | . | A | . | T | T | C | . | A | . | . | . | . | . | A | . | . | . | . | T | . | . | . | T | . | A | . | . | . | . | . | C | . | C | . | . | A | . | . | | |
| 10 | . | . | . | T | A | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | T | . | . | . | T | . | A | . | T | . | . | . | Y | . | . | . | . | A | . | . | | |
| 11 | . | G | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | A | . | . | . | . | . | . | C | . | . | A | . | . | | | |
| 12 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | C | . | . | . | . | . | . | | | |
| 13 | . | G | . | . | T | C | . | T | . | . | . | . | . | C | . | . | . | . | . | . | . | . | G | . | A | . | T | . | . | . | . | C | . | . | . | . | . | . | | |
| 14 | . | C | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | |
| 15 | . | A | . | T | . | . | . | . | . | A | G | T | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | T | . | . | . | . | . | . | . | C | . | C | . | . | . | . | . | | |
| 16 | . | A | . | T | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | T | . | . | . | . | . | . | . | C | . | C | . | . | . | . | . | | |
| 17 | . | G | A | T | . | C | . | A | . | . | . | . | . | . | . | A | . | . | . | . | . | . | T | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | |
| 18 | . | G | . | . | A | . | . | A | . | . | . | . | . | A | . | . | T | . | . | . | . | . | G | . | A | . | T | . | . | . | . | . | . | . | . | A | . | . | | |
| 19 | . | A | C | T | T | . | . | A | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | G | . | . | . | T | . | A | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | A | . | . | | |
| | . | . | . | . | I | . | . | . | . | 50 | . | . | . | . | I | . | . | . | . | 60 | . | . | . | . | I | . | . | . | . | 70 | . | . | . | . | I | . | . | . | . | 80 |
| 1 | T | A | C | C | G | T | T | G | G | G | T | T | A | G | - | A | T | G | T | G | G | A | C | A | G | T | C | G | G | G | C | T | T | A | C | T | T | T | A | C |
| 2 | C | . | . | T | . | A | . | . | . | A | C | . | C | . | - | . | C | A | . | T | . | . | T | . | G | A | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | T | . |
| 3 | . | . | . | A | . | C | . | . | . | A | . | G | . | - | . | . | . | . | . | . | . | . | . | C | . | . | . | . | . | . | C | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| 4 | C | . | . | A | . | A | . | . | . | T | . | G | . | - | . | . | . | . | . | . | . | T | . | G | . | . | . | . | . | . | A | . | . | . | . | . | . | T | . | |
| 5 | . | . | . | A | . | . | . | . | . | A | . | G | . | - | . | . | . | . | . | . | . | . | . | C | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| 6 | C | . | . | A | . | . | . | . | . | C | . | G | . | - | . | . | A | . | T | . | . | T | . | C | . | A | . | . | . | . | . | . | T | . | . | . | . | T | . | |
| 7 | C | . | . | A | . | . | . | . | . | . | . | . | - | . | . | A | . | T | . | . | . | T | . | C | . | A | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | T | . | |
| 8 | . | . | . | T | . | . | . | . | . | A | . | . | - | . | C | A | . | T | . | . | . | . | . | C | G | . | A | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | T | . | |
| 9 | . | . | . | A | . | . | . | . | . | A | A | G | . | - | . | C | . | A | . | . | . | . | . | C | . | A | . | . | . | . | . | . | T | . | . | . | . | T | . | |
| 10 | . | . | . | A | . | . | . | . | . | A | A | G | . | - | . | . | . | . | . | . | . | T | . | C | . | A | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | C | T | . | |
| 11 | . | . | . | T | . | . | . | . | . | A | C | . | - | . | . | . | . | . | . | . | . | T | . | A | . | T | . | . | . | . | . | . | . | T | . | . | . | . | . | |
| 12 | . | . | . | A | . | . | . | . | . | C | . | . | - | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | C | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| 13 | . | . | . | T | . | A | . | . | . | C | . | . | - | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| 14 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | - | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| 15 | C | . | . | T | . | A | . | . | . | C | . | T | C | C | . | . | . | . | . | . | . | T | . | A | . | A | . | . | . | . | A | . | T | . | . | . | . | . | . | |
| 16 | C | . | . | T | . | A | . | . | . | C | . | T | - | . | C | . | . | . | . | . | . | T | . | A | . | A | . | . | . | . | A | . | T | . | . | . | . | . | . | |
| 17 | . | . | . | A | A | . | . | . | . | A | . | . | - | . | . | . | . | . | . | . | . | T | . | T | . | G | . | A | . | . | A | . | T | . | . | . | . | . | . | |
| 18 | C | . | . | A | A | . | . | . | . | A | . | . | - | . | . | . | . | . | . | . | . | T | . | T | . | G | . | A | . | . | . | . | . | T | . | . | . | . | . | |
| 19 | . | . | . | T | . | G | . | . | . | T | A | G | - | . | . | . | A | . | T | . | . | . | . | A | . | . | . | . | . | . | A | . | T | . | . | . | . | . | . | |

