



Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Instituto de Ciencias Biomédicas
Departamento de Ciencias Veterinarias
Maestría en Ciencia Animal

Prevalencia de sifonápteros en *Geomys arenarius* en un sistema de producción de nogales en los Médanos de Samalayuca

Tesis para obtener el grado de
Maestra en Ciencia Animal

July Natalia Guerra Murcia

Becada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Bajo la Dirección de la
Ph.D. Cuauhcihuatl Vital García

Y la Codirección de la
Ph.D. Ana Bertha Gatica Colima

Ciudad Juárez, Chihuahua, mayo de 2021

APROBACIÓN DE LA TESIS

Prevalencia de sifonápteros en *Geomys arenarius* en un sistema de producción de nogales en los Médanos de Samalayuca, reporte de investigación preparado por July Natalia Guerra Murcia como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRA EN CIENCIA ANIMAL

ha sido aprobado y aceptado por:

Ph.D. Cuauhcihuatl Vital García
DIRECTORA DE TESIS

Ph.D. Ana Bertha Gatica Colima
CO- DIRECTORA DE TESIS

Ph.D. Efraín Vicente Benavides Ortiz
ASESOR

Dr. Jesús Manuel Martínez Calderas
ASESOR

Dr. Andrés Quezada Casasola
ASESOR

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

PREVALENCIA DE SIFONÁPTEROS EN *Geomys arenarius* EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE NOGALES EN LOS MÉDANOS DE SAMALAYUCA

Se permite el uso académico de información contenida en esta tesis, siempre y cuando se otorgue el crédito correspondiente al autor. Para la reproducción parcial o total de este documento con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita de las autoridades que avalan esta tesis.

Dr. José María Carrera Chávez
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN CIENCIA ANIMAL

Dr. Ramón Rivera Barreno
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS VETERINARIAS

C.D. Salvador David Nava Martínez
DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS

DEDICATORIA

A las personas más especiales de mi vida mi padre, mi madre, mis hermanos y mi familia paterna quienes siempre han creído en mí, me han apoyado y me permiten volar con mis propias alas.

A todos los colegas que emprenden una aventura por sus sueños y los convierten en realidad, a todos los que se arriesgan a salir de su zona de confort, a quienes han dejado su tierra y su familia, a quienes les han cerrado una puerta y aun así se atreven a luchar por hacer realidad sus anhelos.

“La voluntad de Dios no me llevará donde su gracia no me pueda sostener”. Jim Elliot.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por amarme incondicionalmente como la niña de sus ojos, por guiarme siempre por el buen camino y darme fuerzas siempre para seguir adelante, por hacerme una mujer valiente, enseñándome a hacer frente a las adversidades y salir triunfante de su mano sin perder nunca la fe.

A toda mi familia que siempre ora por mí. Mi padre, mi madre, mis hermanos, mi abuela Graciela, mis tías Pilar y Gladys, mis tíos, Eduardo y Arturo por apoyarme incondicionalmente.

A las doctoras Cuauhcihuatl Vital García, mi directora de tesis, y Ana Gatica Colima, mi codirectora, por darme la oportunidad de hacer un gran trabajo, por confiar en mí, por ser unas excelentes guías y ejemplo de grandes seres humanos y excelentes educadoras.

A mi mentor desde la licenciatura, el Dr. Efraín Benavides Ortiz, por su gran ayuda y aportes en cada momento de consulta y soporte de esta investigación, por su amistad y por creer en mí.

A la Dra. Roxana Acosta, por su amabilidad y colaboración en el presente estudio, por la ayuda en la identificación de los ejemplares, en la elaboración del artículo.

A los doctores Andrés Quezada Casasola y Jesús Manuel Martínez Calderas, por apoyarme a lo largo de este proceso, por ser buenos maestros y guías de trabajo.

A los Estados Unidos Mexicanos, por acogerme en esta encantadora tierra, la cual amo con todo mi corazón y que me ha regalado alegría, grandes amigos y sueños cumplidos.

A la Heroica Ciudad Juárez, que me recuerda a mi amada Bogotá y que me regaló a mis grandes amigos y compañeros de maestría, Rolando Rueda y Elkin Quiroga.

A la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y al programa de la Maestría en Ciencia Animal, por permitirme continuar mi formación académica en la institución.

Al Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal de la UACJ, donde, bajo la guía de la Dra. Ana Gatica Colima, logré desarrollar el trabajo de gabinete.

A la Familia Fuentes y la administración de la nogalera Arantxa, por permitirme ingresar en sus predios para realizar el trabajo de campo colectando las muestras utilizadas en esta tesis.

Al CONACYT, por la beca otorgada para este postgrado a fin de dar continuidad a mi formación académica y aportar en mayor medida a este amado país desde la Medicina Veterinaria.

¡¡¡GRACIAS TOTALES!!!

RESUMEN

PREVALENCIA DE SIFONÁPTEROS EN *Geomys arenarius* EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE NOGALES EN LOS MÉDANOS DE SAMALAYUCA

Por:

July Natalia Guerra Murcia

El conocimiento de la pulicofauna de un ecosistema forma parte de la evaluación del estado general y de conservación o alteración del sitio. Es importante identificar las especies que habitan en ecosistemas desérticos del país, así como en las Áreas Naturales Protegidas debido a la fragilidad y riqueza de biodiversidad de estas áreas. El objetivo de este trabajo fue estimar la prevalencia parasitaria de sifonápteros en roedores *Geomys arenarius* en un sistema de producción de nogales ubicado en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca durante cuatro temporadas (2019-2020). Los ejemplares de sifonápteros fueron procesados usando la técnica descrita por Martin (1994) y su identificación se realizó siguiendo claves taxonómicas establecidas por Lewis y Wilson (2006). La prevalencia parasitaria se calculó según la fórmula de Watts y Shelley (2012), para establecer la asociación entre la temporada de colecta y los roedores parasitados, temporada de colecta y sexo del hospedador y temporada de colecta y sexo de los parásitos se utilizó el estadístico prueba exacta de Fisher. Se colectaron 53 individuos de *G. arenarius* en el sistema productivo del Rancho Arantxa (n=15) se encontraban parasitados. Los hallazgos del presente estudio permitieron reportar una nueva especie de pulga la cual se denominó *Dactylopsylla samalayuca* n. sp. (n=21, 11 hembras y 10 machos), la prevalencia parasitaria fue 28.30%, la temporada con mayor prevalencia fue post-húmeda 2020 (40.00%). La prevalencia parasitaria fue mayor en hembras (29.26%) que en machos (25.00%), en este estudio no se evidenció diferencia significativa entre estas variables ($P>0.05$). Se concluye con un nuevo registro de un sifonáptero del género *Dactylopsylla*. La prevalencia parasitaria es constante en la comunidad de roedores establecida en la nogalera, el hallazgo de esta pulga del género *Dactylopsylla* en un miembro de la familia Geomyidae es de importancia para la salud pública y del ecosistema ya que ambos están ligados a la presencia de *Yersinia pestis*.

Palabras clave: tuza arenera, Ceratophyllidae, pulgas, ectoparásitos, desierto Chihuahuense.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Descripción de los sifonápteros	2
2.1.1 Morfología de un sifonáptero	2
2.1.2 Ciclo de vida de los sifonápteros.....	5
2.1.3. Sifonápteros y salud pública.....	6
2.2 Los sifonápteros y sus hospederos	7
2.2.1 Prevalencia de sifonápteros en el extranjero	9
2.2.2 Prevalencia de sifonápteros en México	10
2.3 Distribución de los sifonápteros	11
2.3.1 Sifonápteros en Norteamérica	11
2.3.2 Sifonápteros en México.....	13
2.3.3 Sifonápteros en el Desierto Chihuahuense	16
2.4 Descripción de la familia Geomyidae	16
2.4.1 Distribución del género <i>Geomys</i>	17
2.4.2 Ecología de <i>Geomys arenarius</i>	18

2.4.3 Comportamiento de <i>Geomys arenarius</i>	19
3. HIPÓTESIS	20
4. OBJETIVO GENERAL	20
4.1 Objetivo específicos	20
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
5.1 Descripción del Área de Estudio	21
5.1.1 Vegetación y suelo	21
5.1.2 Clima y precipitación	22
5.1.3 Fauna	22
5.2 Rancho Arantxa	23
5.3 Trabajo de campo	23
5.3.1 Colecta de <i>Geomys arenarius</i>	24
5.4 Trabajo de gabinete	25
5.4.1 Análisis de sifonápteros.....	25
5.5 Análisis estadístico	26
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
6.1 identificación de sifonápteros colectados	27
6.2 Prevalencia parasitaria de <i>Dactylopsylla samalayuca</i> (n. sp)	32
6.2.1 Prevalencia parasitaria de <i>Dactylopsylla samalayuca</i> n. sp. por temporada y sexo del hospedador.....	33
6.3 Asociación de <i>D. samalayuca</i> n. sp y temporada de colecta, sexo del hospedador y sexo del parásito.	35

7. CONCLUSIONES.....	40
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Sifonápteros en roedores de la familia Geomyidae en Estados Unidos.	12
Cuadro 2. Familias, subfamilias y especies de sifonápteros reportadas en México (adaptado de Acosta-Gutiérrez, 2014).	15
Cuadro 3. Caracteres diagnósticos hallados en las pulgas recolectadas clasificadas como <i>D. samalayuca</i> n. sp.	29
Cuadro 4. Medidas de longitud total y protórax de pulgas <i>D. samalayuca</i> n. sp. hembras y machos.	31
Cuadro 5. Medidas anatómicas de los hospedadores <i>G. arenarius</i> longitud total y peso de hembras y machos infestados.	31
Cuadro 6. Prevalencia parasitaria de sifonápteros en <i>G. arenarius</i> en el APFF Médanos de Samalayuca durante cuatro temporadas.	32
Cuadro 7. Prevalencia de la pulga <i>D. samalayuca</i> n. sp. por temporada y sexo del hospedador. ...	33
Cuadro 8. Prevalencia y proporción sexual de sifonápteros en roedores de zonas áridas y semiáridas de México.	34
Cuadro 9. Porcentaje de <i>G. arenarius</i> infestados por temporada de colecta.	35
Cuadro 10. Número de <i>G. arenarius</i> capturados por temporada y porcentaje según sexo del ejemplar.	36
Cuadro 11. Número de pulgas recolectadas y porcentaje por temporada diferenciadas por sexo.	38
Cuadro 12. Asociación entre la temporada de colecta, geómidos parasitados, sexo del hospedador y sexo del parásito.	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructuras externas de los sifonápteros (Martin, 1994).....	3
Figura 2. Ciclo de vida de la pulga <i>Ctenocephalides felis</i>	5
Figura 3. <i>Geomys arenarius</i> (foto:Russell Pfau, 2011).....	17
Figura 4. Distribución geográfica del Género <i>Geomys</i> (Schwenke, 2010).....	18
Figura 5. Cultivo de nogal pecanero en el Rancho Arantxa.....	22
Figura 6. Localizacion del rancho Arantxa en el APFF Médanos de Samalayuca.	23
Figura 7. Trampas a) instalada; b) instaladas en bifurcación.	24
Figura 8. Ejemplar de sifonáptero en lámina.	26
Figura 9. Ejemplar de <i>Dactylopsylla samalayucae</i> n. sp. Vista 10x.	28
Figura 10. Genitalia de <i>Dactylopsylla samalayucae</i> : a) macho; b) hembra.....	28

ABREVIATURAS

ANP	Área Natural Protegida
APFF	Área de Protección de Flora y Fauna
CD. JUAREZ	Ciudad Juárez
CEI	Comité de Ética en la Investigación
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
DE	Desviación estándar
DGVS	Dirección General de Vida Silvestre
EUA	Estados Unidos de América
GL	Grados de libertad
IC	Intervalo de confianza
ICB	Instituto de Ciencias Biomédicas
LEBA	Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal
mm	Milímetros
MS	Médanos de Samalayuca
MZFC	Museo de Zoología Facultad de Ciencias
NMED	Departamento de Medio Ambiente de Nuevo México
NY	Nueva York
OPS	Organización Panamericana de la Salud

SAGARPA	Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural
SEMARNAT	Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales
UACJ	Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
USDA	United States Department of Agriculture
TX	Texas

GLOSARIO

Área Natural Protegida	Espacios físicos naturales en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por actividades antropogénicas o que requieren ser preservadas y restauradas, por su estructura y función para la recarga del acuífero y la preservación de la biodiversidad, estas poseen características escénicas y biológicas que los hacen únicos. Se realizan inventarios de flora y fauna con el propósito de conocer la composición biológica de una zona, esta actividad es la base de operación de los componentes de los subprogramas de conservación dentro de los Programas de Manejo.
Ctenidios	Estructuras cefálicas de la pulga ubicadas en la parte anterior y posterior de la cabeza, constan de espinas en forma de peine. Su forma, longitud y localización varía entre especies y son de utilidad al momento de identificación y diferenciación entre las especies de parásitos sifonápteros, pueden estar presentes o ausentes.
Eurixenas	Que tiene un amplio rango de especies animales que le sirven como reservorio.
Hematófago	Que se alimenta de sangre.
Hospedador	Organismo que alberga en su interior o porta sobre sí mismo otro organismo, ya sea en una simbiosis de parasitismo, comensalismo o mutualismo.
Médano	Elevación de arena formada y desplazada por el viento en playas y desiertos.
Neártico	Una de las ocho ecozonas terrestres que dividen la superficie de la tierra, cubre la mayoría de Norteamérica, incluyendo Groenlandia y las montañas de México.

Peste bubónica	Zoonosis bacteriana causada por <i>Yersinia pestis</i> , se transmite al ser humano por la picadura de las pulgas infectadas, por contacto directo, por inhalación o por ingestión de materiales infecciosos. El ganglio linfático se inflama, y da lugar a una tensión dolorosa del tejido, denominada "bubón".
Prevalencia	En epidemiología hace referencia a la proporción de individuos de un grupo o una población que presentan una característica o evento determinado. Generalmente se expresa como un porcentaje.
Pulicofauna	Hace referencia a la fauna de pulgas.
Samalayuca	La zona conocida como Médanos de Samalayuca fue declarada Área Natural Protegida con el carácter de Área de Protección de Flora y Fauna en el año 2009. Se localiza en los municipios de Juárez y Guadalupe en el estado de Chihuahua.
Vector	Son animales que transmiten patógenos de un organismo infectado a otro causando enfermedades.

1. INTRODUCCIÓN

Los ectoparásitos son artrópodos que se localizan sobre la piel de los hospedadores. Su taxonomía y biología son poco homogéneas, a este grupo pertenecen las pulgas o sifonápteros quienes parasitan mamíferos y aves. Los sifonápteros tienen por principal huésped a los roedores, siendo este el orden más numeroso de los mamíferos además su amplia distribución los hace ideales para el estudio como modelo de la pulicofauna. Dentro del orden Rodentia, *Geomys arenarius* o tuza arenera es un roedor de distribución limitada en Nuevo México, Texas y Chihuahua, y es un habitante característico de los Médanos de Samalayuca en el desierto Chihuahuense.

Las pulgas y los roedores actúan como vectores de agentes patógenos que causan enfermedades de importancia zoonótica. Con el fin de aplicar las medidas de control requeridas para la prevención de enfermedades y control de la salud pública y animal, es necesario conocer el margen de distribución territorial y estacional de los sifonápteros y de las especies de roedores. En el APFF Médanos de Samalayuca se ha establecido una población de tuza arenera dentro de la nogalera del Rancho Arantxa.

La influencia antropogénica puede ser determinante en la presentación de enfermedades emergentes o reemergentes transmitidas por sifonápteros ya que se generan cambios en el ecosistema ya sea por urbanización o por sistemas productivos extensivos.

El objetivo de esta investigación fue estimar la prevalencia parasitaria de sifonápteros en *Geomys arenarius*, identificar las especies de pulgas que parasitan a la tuza arenera en la temporada post-húmeda de 2019 y las temporadas seca, húmeda y post-húmeda de 2020 y determinar su prevalencia estacional, mediante trabajo de campo en un sistema de producción de nogales del Rancho Arantxa ubicado en el APFF Médanos de Samalayuca en el estado de Chihuahua.

La información generada en este estudio sobre la pulicofauna del APFFMS es útil para investigaciones futuras sobre factores de riesgo para la salud pública del Norte de México y Sur de los Estados Unidos de América.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción de los sifonápteros

Los sifonápteros o pulgas son un grupo de insectos especializado, carecen de alas y poseen patas traseras muy desarrolladas. De adultos son hematófagos exclusivos, por lo que se les considera parásitos. Es posible hallarlos en la piel de la casi todas las especies de mamíferos y aves (Traub, 1985).

Morfológicamente se distinguen fácilmente de otros ectoparásitos. Son de color castaño-amarillo y poseen una longitud promedio de 2.5-3 mm, generalmente las hembras son más grandes que los machos. El 74% de las pulgas en el mundo se han identificado parasitando roedores (Marshall, 1981).

2.1.1 Morfología de un sifonáptero

Smit (1972) supuso anteriormente que los antepasados de las pulgas eran carroñeros que vivían en las madrigueras de sus futuros hospederos y perdieron sus alas en el transcurso de transición al parasitismo. Estos insectos tenían piezas bucales masticadoras que finalmente se transformaron en la probóscide perforadora-chupadora necesaria para la alimentación de sangre.

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1) Vértex | 14) Fémur |
| 2) Antenas | 15) Tibia |
| 3) Ojo simple | 16) Tarso de cinco artejos terminados en dos uñas |
| 4) Frente | 17) Esternitos abdominales |
| 5) Peine de las mejillas | 18) Metaepímero |
| 6) Palpos maxilares | 19) Estigma respiratorio |
| 7) Estiletes bucales | 20) Cercos anales |
| 8) Labio inferior con sus palpos | 21) Pigidio |
| 9) Mesopleura soldada al esternón | 22) Terguitos abdominales |
| 10) Metapisternon | 23) Metanoto |
| 11) Metaesternón | 24) Mesonoto |
| 12) Coxa | 25) Peine del pronoto |
| 13) Trocánter | 26) Pronoto |

La estructura de su cuerpo la conforman los segmentos cabeza, tórax y abdomen (OPS, 1964). Las estructuras del cuerpo (Martin, 1994) del sifonáptero se enumeran a continuación y se indican en la figura 1.

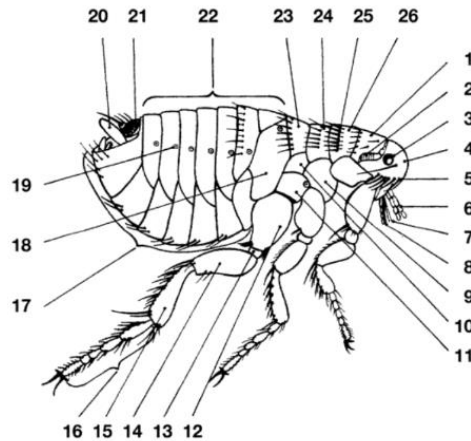


Figura 1. Estructuras externas de los sifonápteros (Martin, 1994).

Las pulgas se pueden clasificar a partir de la existencia de ctenidios (peines) pronotal y genal (Soulsby, 1982).

El cuerpo de los sifonápteros es comprimido lateralmente, esclerotizado, liso, cubierto por pelos y cerdas posicionadas para atrás. Estas características anatómicas le facilitan el movimiento en los animales que parasita. La distribución de las cerdas en la parte posterior de las tibias permite determinar la especie de pulga (Wall y Shearer, 2001).

Los sifonápteros tienen una longitud variable que puede ir de dos a ocho milímetros. Las hembras adultas en promedio miden de dos a cuatro milímetros. Los machos adultos pueden medir entre dos a tres milímetros en promedio (Acosta, 2014).

Las pulgas tienen cuatro rasgos estructurales más importantes. Estos están determinados por sus adaptaciones al parasitismo en hospedadores de sangre caliente en las condiciones de nidos o madrigueras. Estas modificaciones son: de la cabeza y tórax, para movimiento activo en espacios reducidos; del tórax y piernas, para saltar; de los escleritos externos y del chaetoma, para proteger las articulaciones entre los segmentos; del aparato sensorial, para detectar los movimientos del hospedador (Medvedev, 2017).

2.1.1.1 Cabeza de un sifonáptero

La cabeza está dividida en tres regiones, frontal occipital y genal (Johnson, 1957).

Poseen una antena segmentada que es un órgano sensitivo y que en los machos cumple la función adicional de soporte de la hembra en la cópula (Sánchez, 2012).

El aparato bucal está desarrollado anatómicamente para penetrar la piel y succionar sangre de los hospederos (Medvedev, 1982).

Algunas especies presentan un ctenidio o peine genal que varía según la especie y puede presentar o carecer de pigmento. Los ojos de las pulgas son bien desarrollados y están formados por racimos de ocelos (Medvedev y Krasnov, 2006).

2.1.1.2 Tórax y abdomen de un sifonáptero

El tórax consta de tres segmentos, protórax, mesotórax y metatórax, que confieren flexibilidad al cuerpo de la pulga (Linardi y Guimarães, 2000).

La cabeza y el protórax forman una articulación móvil (Snodgrass, 1946).

Los segmentos torácicos de las pulgas son inmóviles (Beaucournu y Launay, 1990).

Las pulgas poseen nueve pares de espiráculos conformados por tráquea, fosa y atrio los cuales permiten la respiración, el orificio anal está ubicado en medio de dos lóbulos ventrocaudales (Medvedev y Krasnov, 2006).

El abdomen está segmentado en esternitos ventrales y en terguitos dorsales (Lewis, 1993).

Los prefijos pro, meso y meta hacen referencia a las extremidades primera, segunda y tercera, respectivamente; La procoxa es la primera pata (que solo usan para caminar), mesofémur es el fémur de la segunda extremidad y metatibia es la tibia de la tercera. Las dos patas traseras están más desarrolladas pues las usan para saltar (Medvedev, 1982).

2.1.1.3 Genitalia de un sifonáptero

El sistema reproductor está formado, en el macho, por dos testículos ovoides, macizos, unidos al órgano copulador por los conductos de los espermatozoides. El falosoma es morfológicamente el más complejo de entre los observados en los artrópodos (Snodgrass, 1937).

Durante la cópula, el endotendón mayor del *aedeagus*, que se ubica en la parte exterior del falosoma por medio de los *claspers*, permiten el acoplamiento y la sujeción de la hembra (Smit, 1982).

En las hembras de la familia Pulicidae, Vermipsyllidae, Ceratophyllidae, Ctenophthalmidae, se observa generalmente una espermateca en pulgas. Este órgano está casi siempre formado por dos partes bien diferenciadas: la *bulga* unida directamente al *ductus spermathecae*, y la *hilla* que sigue a

la *bulga* que favorece la subida de los espermatozoides a la espermateca mediante movimientos de bombeo (Beaucournu y Gómez-López, 2015).

2.1.2 Ciclo de vida de los sifonápteros

La vida de las pulgas se ha estudiado en la especie *Ctenocephalides felis* (figura 2) el cual inicia como huevo. Cuando eclosiona, sale una larva que pasa por tres estadios larvarios. Las larvas tardan entre dos y cinco días en salir del huevo; pueden permanecer en estado larvario desde días hasta meses, dependiendo de condiciones como la humedad y temperatura. Las larvas se alimentan de la sangre que extraen de los excrementos de ejemplares adultos y para completar su ciclo de vida requieren un hospedero (Pampligione *et al.*, 2009).

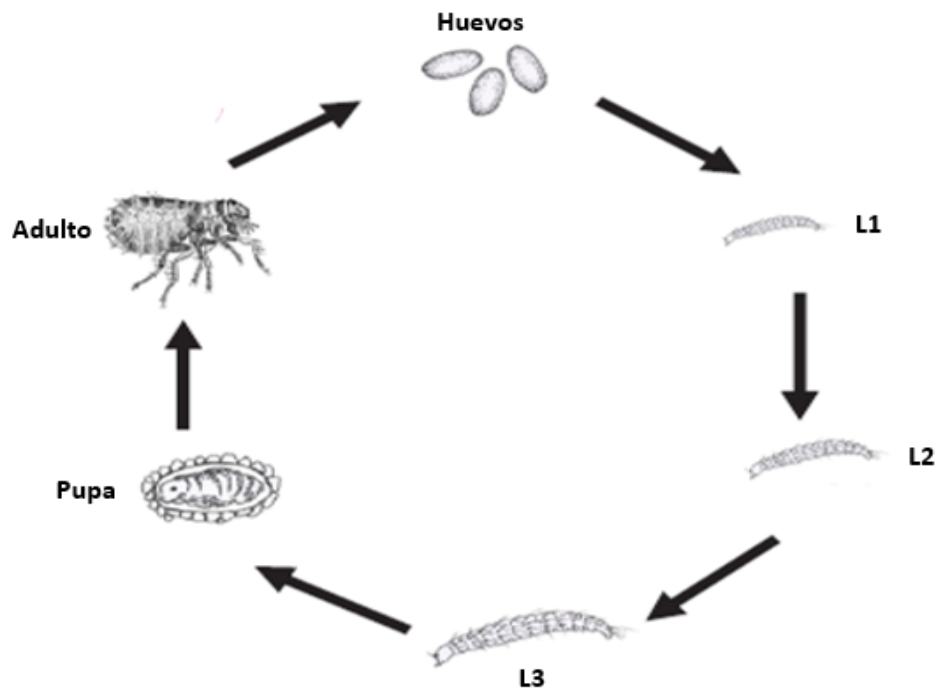


Figura 2. Ciclo de vida de la pulga *Ctenocephalides felis* (Modificado de Dobbler y Pfeffer, 2011).

La larva muda en una pupa inactiva y puede persistir en esta etapa hasta un año, para convertirse en pulga adulta. La primera postura de una pulga hembra ocurre entre las 24 a 36 horas posteriores a la ingestión de sangre, alcanzando a poner cuarenta a cincuenta huevos diarios, según las condiciones de húmedas y temperatura puede continuar la ovoposición hasta cien días (Linardi y Guimarães, 2000).

Los sifonápteros en su fase adulta usan a su hospedador como fuente de alimento, también por medio de ellos se relacionan con el medio externo (Marshall, 1981).

2.1.3. Sifonápteros y salud pública

Los hábitos alimenticios de las pulgas y la posibilidad de moverse entre diferentes especies, además de la molestia que pueden representar para los hospedadores, aumenta su capacidad para transmitirles virus, bacterias, protistas y helmintos (Acosta y Morrone, 2003).

Las especies de pulgas *Xenopsylla cheopis* y *Leptopsylla segnis* han sido las principales reportadas como portadoras las bacterias *Yersinia pestis*, causantes de la peste bubónica (Salceda-Sánchez, 2004).

Xenopsylla cheopis tiene la capacidad de transmitir rickettsias que provocan en el hombre el tifo murino (Harwood y James, 1987).

Ctenocephalides canis y *C. felis* actúan como huéspedes intermediarios del céstodo *Dipylidium caninum*, que parasita a perros, gatos y humanos (Ford *et al.*, 2004).

Deverá y Campos (1998) refieren que la dipilidiasis humana ocurre cuando una persona accidentalmente ingiere pulgas infectadas con larvas de *Dipylidium caninum*.

Las pulgas pueden provocar en sus huéspedes una dermatitis alérgica, un proceso que se inicia por los componentes de la saliva del parásito al entrar en contacto en el tegumento del hospedador (Ettinger y Feldman, 2005).

Las especies de pulgas que mayor afectación pueden provocar en animales y personas son *Ctenocephalides felis*, *Ctenocephalides canis*, *Pulex simulans*, *Pulex irritans*, *Ceratophyllus gallinae* y *Echidnophaga gallinacea*; estas seis especies son conocidas por parasitar comúnmente animales domésticos y roedores. *Ctenocephalides felis* y *C. canis* tienen distribución mundial, aunque *C. canis* se ha reportado como limitada a ciertos hospedadores. Por otra parte, *C. felis* se ha hallado parasitando gran cantidad de especies (Beck *et al.* 2005).

Torres-Castro (2017) resalta la importancia de los agentes infecciosos en roedores sinantrópicos, es decir que se han adaptado a ambientes antropogenizados, para el control de padecimientos endémicos en la región. Se identificó que los roedores *Rattus rattus* y *Mus musculus* tienen participación en zoonosis como la enfermedad de Lyme, rickettsiosis, bartonelosis, toxoplasmosis, tripanosomiasis y cisticercosis concluyendo que los roedores sinantrópicos representan un gran riesgo para la salud pública y sistemas de producción ya que diseminan enfermedades zoonóticas.

2.2 Los sifonápteros y sus hospederos

Se ha planteado que las pulgas podrían saber si su huésped es hembra o macho, así como la condición reproductiva lo cual les permite elegir al que ofrezca mejores beneficios de alimentación (Rothschild y Ford, 1964).

La asociación parasito-hospedador puede ser perjudicial para los hospederos, algunos han desarrollado mecanismos de defensa para evitar o contrarrestar infecciones a las pulgas y han logrado alterar su conducta, ecología y desarrollo (Marshall, 1981).

Las pulgas tienen un grado de especificidad por sus hospederos principales, aunque pueden parasitar a otros (Ponce, 1991).

La afinidad de las pulgas por los huéspedes puede deberse a las condiciones de sus madrigueras, nidos y guaridas (Whitaker *et al.*, 1993).

Si las condiciones de humedad y temperatura son óptimas las pulgas depositan sus huevos, larvas y pupas en los nidos y madrigueras de los roedores (Krasnov *et al.*, 1997).

El binomio ectoparásito-hospedador se ha usado como prototipo en estudios en ciencia animal debido a la habilidad del ectoparásito de alternar entre vida libre y vida parasitaria, que le permite situarse en diversos eslabones de la cadena epidémica actuando como parásitos, vectores de patógenos y hospedadores intermediarios de helmintos (Pugh, 1987).

La selección de un hábitat adecuado con los recursos necesarios y aprovechables es una de las principales tareas de cualquier organismo, si un organismo logra cumplir con este requerimiento, su recompensa se traduce en un aumento o, al menos, ninguna disminución de su aptitud. La motivación evolutiva de los parásitos no difiere de la de las especies de vida libre. Los parásitos se comportan de manera diferente en diferentes especies de huéspedes (Krasnov *et al.* 2003).

Algunas pulgas prefieren únicamente una o dos especies de huéspedes y otras parasitan a huéspedes de una sola familia o de un género (Ford *et al.* 2004).

Todavía no hay consenso sobre cuál es el mecanismo impulsor predominante del parasitismo sesgado para machos, sin embargo, la evidencia ha demostrado que los machos de vertebrados superiores están infestados por más parásitos que las hembras (Kiffner *et al.*, 2014).

La distribución del parásito dependiente del sexo en los vertebrados superiores ha sido estudiada ampliamente y los machos a menudo se encuentran más parasitados que las hembras. El sesgo macho-parasito puede ser el resultado de inmunocompetencia más débil de los huéspedes machos debido al efecto inmunosupresor de los andrógenos. Además, los huéspedes más grandes (machos) pueden

demostrar niveles más altos de infestación de parásitos que los individuos más pequeños (hembras) ya que constituyen un mejor recurso nutricional para los parásitos y les proporcionan una mayor variedad de nichos (Kowalski *et al.*, 2015).

La capacidad para distinguir un individuo de una especie hospedadora apropiada de individuos de especies similares, pero menos apropiadas o inapropiadas, deben ser beneficiosas para un parásito. A algunas especies de pulgas puede discriminar entre diferentes especies hospedadoras por su olor; para comprobar estas hipótesis, Krasnov *et al.* (2002) compararon las respuestas de dos pulgas, *Xenopsylla dipodilli* y *Parapulex chephrenis* simultáneamente expuestas a los olores de sus huéspedes roedores, *Gerbillus dasyurus* (huésped específico de *X. dipodilli*) y *Acomys cahirinus* (hospedador específico de *P. chephrenis*). Los autores plantearon que las pulgas eran capaces de discriminar entre especies hospedadoras mediante el uso de una señal de olor y esperaban que *X. dipodilli* y *P. chephrenis* seleccionarían un olor de una especie hospedadora apropiada. *Xenopsylla dipodilli* eligió a *G. dasyurus* significativamente más a menudo que *A. cahirinus*, mientras que *P. chephrenis* eligió *A. cahirinus* significativamente más a menudo que *G. dasyurus*. Los autores concluyeron que la capacidad para seleccionar una especie hospedadora apropiada no difirió significativamente entre especies de pulgas o entre individuos de diferentes clases de sexo o edad dentro de las especies de pulgas; la latencia para moverse en un laberinto experimental fue significativamente más corta para *X. dipodilli* que *P. chephrenis*. Las especies de pulgas también diferían en el tiempo transcurrido desde el inicio del movimiento hasta la elección de un huésped, siendo *X. dipodilli* más rápido que *P. chephrenis*, ni el sexo ni la edad de las pulgas afectaron este parámetro en ninguna de las especies, Las hembras de ambas especies de pulgas produjeron significativamente más huevos cuando se alimentaron en su hospedador específico que cuando se alimentaban de las otras especies hospedadoras.

Estudios sobre una variedad de parásitos han reportado que son capaces de discriminar entre especies hospedadoras mediante el uso de señales visuales y olfativas (Mikheev *et al.*, 2004).

Las pulgas tienen la capacidad de diferenciar huéspedes juveniles de adultos (Hawlana *et al.*, 2007).

El comportamiento de los hospederos es influenciado por características medioambientales, como el tipo de suelo, vegetación, temperatura, humedad relativa y la actividad antropogénica es decir todo el hábitat repercute en la estructura de las poblaciones de los sifonápteros (Krasnov, 2008).

El parasitismo puede considerarse un factor estresante biótico, la relación entre este y los glucocorticoides se vuelve algo difícil de descubrir con datos de observación porque el riesgo de un individuo de ser parasitado podría ser una causa o consecuencia de una respuesta al estrés crónicamente elevada (Beldomenico *et al.*, 2008).

Khokhlova *et al.* (2011) refieren que el parasitismo por sesgo sexual es conocido para varios sistemas de hospedadores. En la mayoría de los casos, los machos de los vertebrados superiores están infestados por más parásitos que las hembras. Los mecanismos detrás de la infestación sesgada por los machos pueden incluir no solo más oportunidades para que los machos se encuentren con parásitos o un mejor desempeño de un parásito en los hospederos machos, sino también la selección activa de estos por parte de un parásito. Para probar esto los autores estudiaron las respuestas conductuales de la pulga *Xenopsylla ramesis* a machos y hembras del hospedador roedor *Meriones crassus* en ensayos de laberinto en Y. El objetivo fue saber si la pulga podía discriminar entre hospedadores machos y hembras y a su vez elegir al macho, así mismo si la experiencia de las pulgas (nunca alimentadas, alimentadas una vez de un hospedador macho y alimentadas una vez de un hospedador hembra), afectaba la elección. De 385 pulgas, el 62% hizo una elección. En general, las proporciones de pulgas hembras que eligieron o no un roedor no difirieron significativamente, mientras que la mayoría de las pulgas macho eligieron un roedor. La latencia de la elección de los roedores fue similar entre las pulgas machos y hembras, pero se vio fuertemente afectada por la experiencia: las pulgas que se alimentaron previamente de un roedor macho o que nunca fueron alimentadas, tomaron sus decisiones significativamente más rápido que las pulgas que se alimentaron previamente de un roedor hembra. Entre las pulgas que tomaron una decisión, la selección de un roedor macho frente a una hembra dependía únicamente del sexo de las pulgas. Las pulgas machos eligieron al azar entre un roedor macho y una hembra, mientras que las pulgas hembras eligieron un roedor macho significativamente más a menudo que un roedor hembra. Los autores concluyeron que la infestación por pulgas sesgada por los machos puede implicar la elección activa de los hospedadores machos por las pulgas.

Los sifonápteros ayudan a regular colectividades de animales, actuando como transmisores potenciales de agentes causantes de enfermedad a sus hospederos. Su sobrepoblación puede llevar a una reducción notable en la actividad y adecuación de estos (Bazán-León *et al.*, 2013).

St. Juliana *et al.* (2014) encontraron que la infestación por pulgas aumentaba los niveles de glucocorticoides en roedores hospedadores. En este caso, el tipo de explotación del hospedador utilizado por las diferentes especies de pulgas, así como la historia evolutiva de la asociación entre el hospedador y las especies de pulgas, contribuyeron significativamente para albergar concentraciones de metabolitos de glucocorticoides fecales.

2.2.1 Prevalencia de sifonápteros en el extranjero

Linardi *et al.* (1987), durante los años 1980 y 1981, en Brasil, colectaron 96 roedores pertenecientes a nueve especies. De ellos, obtuvieron ectoparásitos sifonápteros pertenecientes a cuatro especies: *Polygenis pygaerus*, *Polygenis pradoi*, *Polygenis rimatus* y *Xenopsylla cheopis*. La prevalencia

general de roedores parasitados fue de 37.5%. Una especie de roedor no se encontró parasitada y se originó un primer registro de la especie *P. pygaerus* en el estado de Minas Gerais, donde desarrollaron el estudio.

Pigage *et al.* (2005) realizaron un estudio en Elbert, Colorado, sobre las pulgas asociadas a *Thomomys talpoides*. De 247 tuzas recolectaron 532 pulgas: 526 pertenecientes a la especie *Foxella ignota ignota*, 1 *Hystrichopsylla dippiei* ssp, 3 *Spicata rara*, 1 *Oropsylla idahoensis* y 1 *Oropsylla (Opisocrostitis)* sp. La prevalencia de pulgas en tuzas hembra fue de 57% y en tuzas macho de 72%. El muestreo se desarrolló durante 13 meses. Los registros de *H. dippiei* y *S. rara* fueron nuevos para el condado.

En un estudio realizado por Quijada *et al.* (2013), en Venezuela, los autores reportan dos especies de sifonápteros y su prevalencia en caninos dentro de un Hospital Veterinario: *Ctenocephalides canis*, 62.5%, y *Ctenocephalides felis felis*, 37.5%. Los datos se obtuvieron de 26 animales infestados, 3.84% con pulgas y 19.23% con pulgas y garrapatas. Para ello, colectaron 72 pulgas, 15 machos y 57 hembras.

Abarca *et al.* (2016) reportaron altas prevalencias de pulgas en perros hallados en dos áreas (rural y metropolitana) de Chile durante 2010-2011. Para ello, examinaron 921 caninos e identificaron cuatro especies de pulga: *C. canis*, *C. felis*, *Pulex irritans* y *Echidnophaga gallinacea*. La mayor prevalencia la obtuvo la especie *C. canis* (66%) en área rural y (29%) en área metropolitana. *P. irritans* y *E. gallinacea* no evidenciaron prevalencia en el área metropolitana.

Nziza *et al.* (2019) realizaron un estudio en Ruanda donde capturaron 29 roedores silvestres y 7 caninos para determinar la presencia de *Rickettsia* y *Bartonella*. De 14 roedores que presentaban infestación se obtuvieron 24 pulgas de la especie *Xenopsylla brasiliensis*. Mientras que de tres perros parasitados se recolectaron seis pulgas de la especie *Ctenocephalides felis strongylus*. La prevalencia de sifonápteros en roedores fue de 48.27% y en caninos de 42.85%.

2.2.2 Prevalencia de sifonápteros en México

Falcón-Ordaz *et al.* (2012) realizaron un estudio en la cuenca oriental de México en cinco especies de roedores obtenidos en dos muestreos (junio 2007 y julio 2008), de los cuales obtuvieron 9 taxas de parásitos sifonápteros con la prevalencia que se indican entre peréntesis: *Echidnophaga gallinácea* (9%) en *Lyomis irroratus*; *Polygenis vazquezi* (81%) en *L. irroratus*; *Anomiopsyllus traubi* (9%) en *Dipodomys phillipsii*; *Meringis altipecten* (90%) en *D. phillipsii*, (20%) en *Peromyscus maniculatus* y (9%) en *L. irroratus*; *Jellisonia (Jellisonia) breviloba* ssp., (20%) en *P. maniculatus*; *Jellisonia (Jellisonia) breviloba barrerae* (20%) en *P. maniculatus*; *Pleochaetis mundus* (60%) en *P.*

maniculatus y (20%) en *P. difficilis*; *Plusaetis mathesoni* (20%) en *P. difficilis*; *Polygenis parus* (9%) en *D. phillipsii*, (60%) en *P. difficilis* y (100%) en *R. megalotis*. Los autores también reportan que *Anomiopsyllus traubi* representó el segundo registro para México y un nuevo hospedero.

Villalobos-Cuevas *et al.* (2016) reportaron pulgas parasitando pequeños y medianos mamíferos en la Reserva de la Biosfera de Calakmul en el estado de Campeche en México. Revisaron 197 mamíferos, de los cuales 22 ejemplares (11.16%) de 7 especies estaban parasitados por sifonápteros de las familias Pulicidae y Rhopalopsyllidae. La pulga *Rhopalopsyllus saevus* fue la única prevalente (100%) en un ejemplar de *Puma yagouaroundi*, mientras que en *Didelphis virginiana* reportaron prevalentes las pulgas: *Ctenocephalides felis felis* (1.35%), *Pulex irritans* (2.70%), *Pulex porcinus* (4.05%), *Polygenis* sp., (1.35%) y *Rhopalopsyllus asutralis australis* (6.75%). Los autores registraron por primera vez cinco especies de sifonápteros para Campeche, con dos nuevos registros de huéspedes y un nuevo registro para México. Los muestreos se desarrollaron entre enero y octubre de 2010.

Hernández-Urbina *et al.* (2020) realizaron un estudio en el que, durante un año, capturaron 21 ejemplares de *Canis latrans* y 14 pulgas de la especie *Pulex irritans*. Los sifonápteros se obtuvieron de nueve coyotes por lo tanto reportaron una prevalencia de 43%. El estudio se desarrolló en el APFF Médanos de Samalayuca.

2.3 Distribución de los sifonápteros

Se calcula que en el planeta existen unas 3 mil especies y subespecies de pulgas, de las cuales han sido descritas 2,575 (Guimarães *et al.*, 2000).

Las pulgas se encuentran en una gran cantidad de hábitats, se han reportado en lugares con condiciones muy diversas como desiertos, bosques tropicales y zonas de tundra (Whiting *et al.*, 2008).

Los sifonápteros están representados en todas las regiones biogeográficas e incluso en la Antártida con el género *Glaciopsyllus* sp., (Ceratophyllidae), parásito de aves pelágicas. El número y la composición de las familias admitidas varían según los diferentes autores (Beaucournu y Gómez-López, 2015).

2.3.1 Sifonápteros en Norteamérica

En los Estados Unidos de América, Prince (1943) elaboró un reporte de roedores y pulgas con relación a los casos de peste bubónica en 1920 en roedores encontrados en Nebraska, Texas, en el centro del país, y en todos los estados al oeste; identificó *Xenopsylla cheopis*, *Nosopsyllus fasciatus* y *Echidnophaga gallinacea* en el estado de Texas se reportaron 128 roedores examinados en los cuales se encontraron 10 especímenes de *N. fasciatus* y uno de *E. gallinacea*, de estos *Nosopsyllus fasciatus* se reconoce como portador de *Yersinia pestis*.

A través de los años y en diversos estados, Estados Unidos de América cuenta con registros de pulgas parasitando roedores pertenecientes a la familia Geomyidae (cuadro 1). Las pulgas pertenecientes a la familia Ceratophyllidae: *Dactylopsylla*, *Foxella* y *Spicata* son consideradas verdaderos parásitos de las tuzas las relacionan principalmente con los géneros *Thomomys*, *Pappogeomys*, *Zygogeomys* y *Geomys* (Lewis y Wilson, 2006).

Cuadro 1. Sifonápteros en roedores de la familia Geomyidae en Estados Unidos.

Sifonaptero	Huésped geómido	Estado/Cita/Año
<i>Foxella ignotus ignotus</i> <i>Foxella ignotus albertansis</i>	<i>Thomomys talpoides</i>	Colorado/ Wayson, 1947
<i>Dactylopsylla rara</i>	<i>Thomomys</i> sp	Utah/ Tipton, 1950
<i>Foxella ignotus utahensis</i>	<i>Thomomys bottae</i>	
<i>Foxella ignotus</i>	<i>T. talpoides</i>	
<i>Foxella uthaensis uthaensis</i>	<i>Geomys bursarius lutescens</i>	Colorado/ Ecke y Johnson, 1952
<i>Dactylopsylla bluei psilos</i>	<i>Thomomys perdulus</i>	Nebraska/ Prince y Stark, 1951
<i>Dactylopsylla minidoka</i>	<i>Thomomys talpoides gracilis</i>	
<i>Dactylopsylla pentachaeta</i>	<i>Geomys braviconus</i>	
<i>Foxella ignotus ignotus</i>	<i>Geomys bursarius bursarius</i>	Minesota/ Bartel y Gardner, 2000
<i>Foxella ignotus</i> <i>Spicata botticeps</i>	<i>Thomomys bottae</i>	New Mexico/ Ford <i>et al.</i> , 2004
<i>F. ignotus</i> <i>Dactylopsylla</i> <i>neomexicana</i> <i>Spicata rara</i>	<i>Thomomys talpoides</i>	
<i>D. pentachaeta</i>	<i>Mustela frenata</i>	Colorado/ Lewis y Wilson, 2006

Galloway (2018) confirma que hay 154 especies de pulgas registradas en Canadá, las cuales pertenecen a cuatro superfamilias y siete familias.

El número de especies de pulgas registrado en Canadá representa alrededor del 51% de las 303 especies encontradas en Norte América, agregando únicamente las especies *Echidnophaga gallinacea* y *Myodopsylla borealis* a la lista publicada por Holland (1979).

En Nuevo México, EUA, frontera con El Paso, Texas y Ciudad Juárez, Chihuahua hábitat de *Geomys arenarius*, se han reportado los registros más recientes de pulgas de la familia Ceratophyllidae parasitando mamíferos carnívoros: Canidae, Felidae, Mustelidae y roedores Cricetidae y Geomyidae (Ford *et al.*, 2004).

2.3.2 Sifonápteros en México

En México, aproximadamente el 74% de los sifonápteros han sido reportados en el orden Rodentia (Traub, 1950).

La especie *Dactylopsylla megasoma* es descrita como típico ectoparásito de las tuzas de bolsillo mexicanas *Cratogeomys* que habitan en Coahuila, Guerrero, Nuevo León y en el sur de Texas (Muñiz *et al.*, 1981).

Adams y Lewis (1995) afirmaron que en México se encontraba aproximadamente el 50% de las pulgas registradas a nivel mundial.

Ponce y Llorente (1996) estudiaron la biogeografía de las pulgas a través de la recopilación de estudios preexistentes. Desde entonces, se ha incrementado el estudio de la fauna de pulgas en el país y se han registrado nuevas especies mexicanas como por ejemplo en Querétaro donde no había reportes anteriores, los autores registraron 40 especies, e indicaron que, en los estados de Chihuahua, Coahuila, Sinaloa y Tamaulipas, hay pocas especies de pulgas, principalmente en las zonas áridas.

Lewis (1998) reportó cuatro superfamilias (Malacopsylloidea, Pulicoidea, Hectopsyllini y Ceratophylloidea) y ocho familias (Rhopalopsyllidae, Pulicidae, Ceratophyllidae, Ischnopsyllidae, Leptopsyllidae, Hystrichopsyllidae, Tungidae y Ctenophthalmidae) a lo largo del territorio nacional.

De acuerdo con Rodríguez-Vivas y Domínguez-Alpízar (1998), en un estudio realizado en Yucatán indicaron que las especies *Ctenocephalides felis* y *Ctenocephalides canis* son las especies más significativas para la medicina humana y veterinaria ya que son huéspedes intermediarios del céstodo *Dipylidium caninum*, potencialmente peligroso para perros, gatos y humanos.

Medvedev (2003) indicó que la mayoría de las especies registradas en México son endémicas de la región Mesoamericana y parasitan al Orden Rodentia: *Strepsylla* de la familia Ctenophthalmidae es

endémica en el Caribe. Entre las especies de la familia Ceratophyllidae, *Kohlsia martini* solo ha sido reportada en la Sierra de Juárez en Oaxaca, y *K. pelaezi*, *Plusaetis ponsi* y *P. soberoni* únicamente en la Sierra Madre del Sur.

De acuerdo con Whitaker y Morales-Malacara (2005), más de 250 especies de Mammalia de México son huéspedes de sifonápteros y los roedores representan más de la mitad de los animales afectados. Morrone y Gutiérrez (2005) afirman que los roedores de las familias Sciuridae y Geomyidae hospedan gran variedad de especies de pulgas, así mismo reportaron la presencia de la especie *Foxella mexicana* en el centro oeste de Durango y en Nuevo León, también perteneciente a la familia Ceratophyllidae.

En la península de Yucatán, particularmente en el estado de Campeche, Eckerlin (2005) reportó cinco especies, de ellas *Pulex porcinus*, *Polygenis gwyni* y *Polygenis odiosus* fueron nuevos registros.

La familia Ceratophyllidae es la más abundante en México, de esta el género *Foxella* cuenta con mayor número de reportes de las diferentes especies de este género y se hallan en el Estado de México, Ciudad de México, Durango, Michoacán, Nuevo León, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz (Salceda-Sánchez y Hastriter, 2006).

Salceda-Sánchez y Hastriter (2006) realizaron un inventario de 163 especies de pulgas conocidas en el país. Este estudio sirvió de base para que Acosta-Gutiérrez (2014) realizara una curva que evidenció el incremento del número de pulgas descritas en el país a inicios del siglo XX.

Acosta (2010) reporta que en México hay 172 especies pertenecientes a ocho familias, lo que corresponde a un 6.8% del total de las pulgas a nivel mundial. Predominan la Ceratophyllidae con 74 especies y la Ctenophthalmidae con 45 especies.

En Yucatán, Bolio-González *et al.* (2012) reportaron la prevalencia de *Ctenocephalides felis* y *C. canis* (en una proporción de 4 a 1) en perros domésticos, de los cuales el 48% estaba parasitado.

En el inventario (cuadro 2) elaborado por Acosta-Gutiérrez (2014), Leptopsyllidae y Tungidae son las familias con el menor número de especies, con tres y cuatro respectivamente.

Acosta y Fernández (2015) realizaron su investigación en las zonas áridas de la cuenca Oriental de México. Los autores efectuaron una actualización de la diversidad y de la prevalencia de sifonápteros en roedores silvestres en 10 localidades, capturaron un total de 144 ejemplares de roedores de 10 especies, 133 roedores estaban parasitados por 350 pulgas de 18 especies, estos resultados evidenciaron nuevas especies de pulgas en la región, estos fueron *Polygenis vazquezi*, *Anomiopsyllus perotensis*, *Anomiopsyllus sinuatus*, *Dasypsyllus megasoma*, *Opisocrostis hirsuta* y *Strepsylla villai*.

Los autores destacan la importancia de la elaboración constante de inventarios de la diversidad de ectoparásitos en los ecosistemas para fines de ecología de poblaciones y de la salud ambiental.

Cuadro 2. Familias, subfamilias y especies de sifonápteros reportadas en México (adaptado de Acosta-Gutiérrez, 2014).

Familia	Subfamilia	Género (cantidad de especies)
Ceratophyllidae	Ceratophyllinae	<i>Amaradrix</i> (1), <i>Baculomeris</i> (2), <i>Ceratophyllus</i> (4), <i>Dasypsyllus</i> (2), <i>Eumolpianus</i> (2), <i>Jellisonia</i> (12), <i>Kohlsia</i> (11), <i>Malaraeus</i> (1), <i>Nosopsyllus</i> (1), <i>Opisodasys</i> (4), <i>Orchopeas</i> (7), <i>Oropsylla</i> (2), <i>Pleochaetis</i> (2), <i>Plusaetis</i> (11), <i>Psittopsylla</i> (1), <i>Thrassis</i> (6)
	Dactylopsyllinae	<i>Dactylopsylla</i> (1), <i>Foxella</i> (3)
Ctenophthalmidae	Anomiopsyllinae	<i>Anomiopsyllus</i> (10), <i>Stenistomera</i> (1)
	Ctenophthalminae	<i>Ctenophthalmus</i> (8)
	Doratopsyllinae	<i>Corrodopsylla</i> (2), <i>Adoratopsylla</i> (1)
	Neopsyllinae	<i>Epitedia</i> (1), <i>Meringis</i> (4), <i>Phalacropsylla</i> (2), <i>Strepsylla</i> (12)
	Rhadinopsyllinae	<i>Rhadinopsylla</i> (2)
	Stenoponiinae	<i>Steponia</i> (2)
Hystrichopsyllidae	Hystrichopsyllinae	<i>Atyploceras</i> (3), <i>Hystrichopsylla</i> (5)
Rhopalopsyllidae	Rhopalopsyllinae	<i>Polygenis</i> (6), <i>Rhopalopsyllus</i> (2)
Leptopsyllidae	Leptopsyllinae	<i>Leptopsylla</i> (1), <i>Peromycopsylla</i> (2)
Iscnopsyllidae	Iscnopsyllinae	<i>Myodopsylla</i> (5), <i>Hormopsylla</i> (2), <i>Ptilopsylla</i> (1), <i>Rothschildopsylla</i> (1), <i>Sternopsylla</i> (1)
Pulicidae	Pulicinae	<i>Ctenocephalides</i> (2), <i>Echidnophaga</i> (1), <i>Pulex</i> (6), <i>Actenopsylla</i> (1), <i>Cediopsylla</i> (4), <i>Euhoplopsyllus</i> (3), <i>Hoplopsyllus</i> (2), <i>Xenopsylla</i> (1)
	Tunginae	<i>Hectopsylla</i> (2), <i>Tunga</i> (2)

En la Reserva de la Biosfera de Calakmul, en Campeche, Villalobos-Cuevas *et al.* (2016) recolectaron 58 pulgas de cuatro géneros y siete especies de las familias Pulicidae y Rhopalopsyllidae. Esto elevó a 10 las especies reportadas en ese estado. Se registró por primera ocasión en México a *Polygenis*

dunni y se identificó la presencia de *Ctenocephalides f. felis* y *Pulex irritans*, potenciales portadores de patógenos de riesgo para el hombre.

Córdoba (2018) indica que en México se ha reportado mayor diversidad de sifonápteros en Guerrero, Ciudad de México y Oaxaca mientras que los estados que presentan menor riqueza de pulgas reportadas son Chihuahua, Sonora, Sinaloa y Colima. Así mismo menciona que en las zonas desérticas y semidesérticas de México se deben hacer mayor cantidad de muestreos y abarcar la mayor cantidad de especies de roedores para identificar los sifonápteros que las parasitan.

2.3.3 Sifonápteros en el Desierto Chihuahuense

Bala (2006) reportó en el municipio de Janos las especies de sifonápteros *Meringis altiptecten*, *Orchopeas leucopus* y *Pleochaetis exilis* en roedores capturados en las colonias de *Cynomys ludovicianus*.

López-Pérez *et al.* (2017) encontraron 540 pulgas pertenecientes a siete especies: *Echidnophaga gallinacea*, *Pulex simulans*, y *Pulex irritans*, como las dominantes, así como *E. glacialis*, *Thrassis aridis*, *Oschopeas sexdentatus* y *O. montana*. Las pulgas fueron halladas en 64 carnívoros salvajes dentro de la Reserva de la Biosfera de Janos, en el noroeste de México.

Córdoba (2018) realizó un estudio para identificar roedores parasitados por especies de pulgas y determinar la prevalencia en cuatro hábitats desérticos y semidesérticos ubicados en los municipios de Zarca y Tlahualillo, Durango, y Jiménez y Aldama, Chihuahua. En trabajo de campo capturó 537 ejemplares de 17 especies de roedores, de ellos recolectó 763 pulgas de 16 especies: *Anomiopsyllus durangoensis*, *Jellisonia ironsi*, *Meringis agilis*, *M. altiptecten*, *M. arachis*, *M. bilsingi*, *M. vitabilis*, *Meringis* sp., *Orchopeas agilis*, *O. leucopus*, *Orchopeas* sp., *Pleochaetis exilis*, *Polygenis gwyni*, *P. martinezbaezi*, *Polygenis* sp., y *Thrassis aridis campestris*. Las más abundantes fueron *Meringis altiptecten* y *Orchopeas leucopus*.

Hernández *et al.* (2019) identificaron *Pulex irritans* en *Canis latrans*, siendo el primer registro de sifonápteros para el APFF de los Médanos de Samalayuca.

2.4 Descripción de la familia Geomyidae

La Familia Geomyidae alberga dos tribus, Thomomyini, a la cual pertenece únicamente el Género *Thomomys* y la Geomyini, a la cual pertenecen los Géneros *Cratogeomys*, *Geomys*, *Orthogeomys*, *Pappogeomys* y *Zygogeomys* (Spradling *et al.*, 2004).

Patton (2005) describió que la familia Geomyidae la conforman 40 especies distribuidas en seis géneros, estos son: *Cratogeomys* con ocho especies, *Geomys* con nueve, *Orthogeomys* con once, *Pappogeomys* con dos, *Thomomys* con nueve y *Zigogeomys* con una especie.

Los roedores de la familia Geomyidae se caracterizan por presentar cuerpo tubular y compacto (Monge, 2013).

Poseen orejas y ojos pequeños, cola y extremidades cortas y con garras bien desarrolladas para excavar (Álvarez-Castañeda *et al.*, 2015).

Los roedores de la familia Geomyidae son descritos como mamíferos pequeños o medianos de cabeza grande y ancha y cuerpo robusto, que presentan bolsas en sus mejillas para transportar alimento (Trujano-Álvarez y Álvarez-Castañeda, 2003).

El género *Geomys* se distingue por la presencia de un surco profundo en la parte media de sus incisivos superiores, su cola y sus patas traseras no presentan pelo, su longitud promedio de la grupa a la corona es de 30 centímetros. *Geomys arenarius* (figura 3) posee miembros anteriores desarrollados para excavar (Russell, 1968).



Figura 3. *Geomys arenarius* (foto: Russell Pfau, 2011).

2.4.1 Distribución del género *Geomys*

En México existen 20 especies de roedor Geomyidae, incluidos en los géneros de *Cratogeomys* con siete, *Orthogeomys* con cuatro, *Thomomys* con cuatro, *Geomys* con tres, además se reportan dos géneros *Pappogeomys* y *Zygogeomys* endémicos del país estos últimos con una especie cada uno (Ceballos y Arroyo-Cabrales, 2012).

El género *Geomys* se distribuye ampliamente desde el centro-sur de Canadá, el oeste de los Estados Unidos, México y desde Centroamérica hasta el norte de Colombia (Monge, 2010).

Geomys arenarius se localiza en una franja a lo largo del valle del río Bravo desde Porvenir, Chihuahua, hasta las Cruces, Nuevo México (Williams y Baker, 1974).

Hafner *et al.*, (2008) refieren a *G. arenarius* como una especie de distribución irregular y limitada a Nuevo México, una pequeña porción del noroeste de Texas y áreas adyacentes en Chihuahua, México (figura 4).

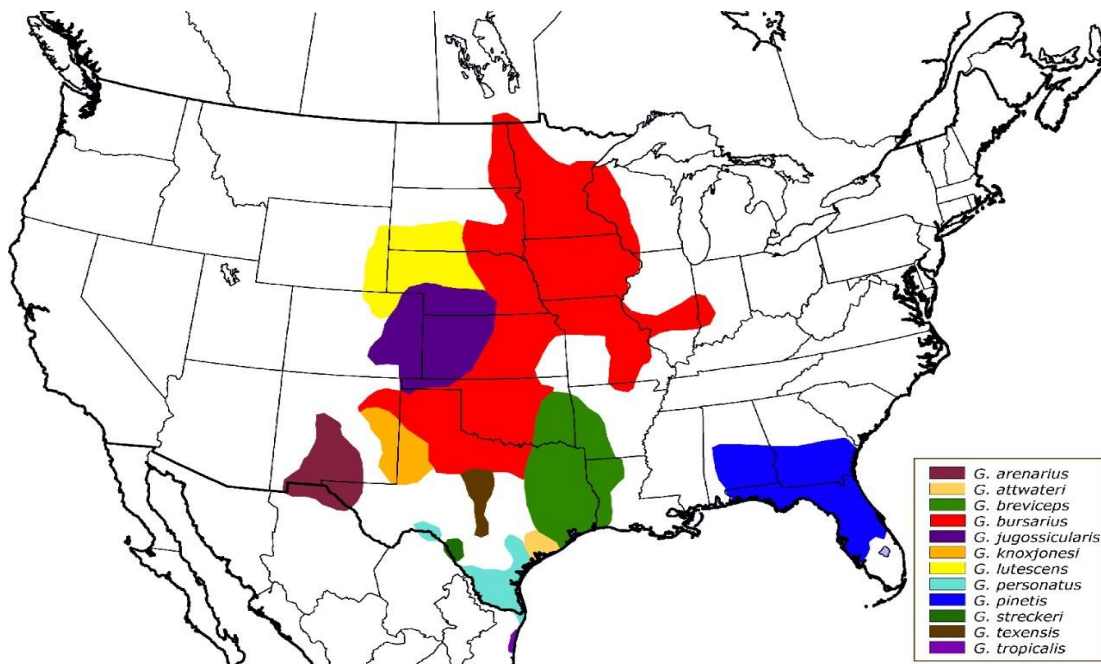


Figura 4. Distribución geográfica del Género *Geomys* (Schwenke, 2010).

2.4.2 Ecología de *Geomys arenarius*

La especie actúa como agente dispersora de semillas de plantas, esporas de hongos, reservorio de enfermedades y parásitos que regulan las poblaciones de vertebrados (Whitford y Bestelmeyer, 2006).

La excavación tiene alta influencia en su ecosistema pues, al escarbar y mezclar el suelo modifica su estructura y aireación (Witmer *et al.*, 1999), provocando un aumento en la tasa de infiltración.

La excavación es una actividad constante en los geómidos a lo largo del año (Huntly y Inouye, 1988).

El depósito de los excrementos y alimento descompuesto almacenado por los roedores ayuda a mejorar la fertilidad de los suelos (Laycock y Richardson, 1975).

2.4.3 Comportamiento de *Geomys arenarius*

Geomys arenarius es una especie fosorial y habita suelos sueltos de áreas perturbadas o arenosas, es común encontrar a *G. arenarius* a lo largo de ríos, estanques o canales de riego (Davis y Schmidly, 1994).

Las tuzas habitan en suelos arenosos o friables y evitan suelos arcillosos (Mauk *et al.*, 1999).

Los individuos de *G. arenarius* permanecen la mayor parte del tiempo bajo la superficie; cavan sus madrigueras a 100 o 200 milímetros de profundidad (Lessa y Thaeler, 1989), con una longitud que alcanza los 30 metros.

Las tuzas forman una gran cantidad de ductos que confluyen en una cámara central donde descansan y hacen sus nidos (Rosas-Espinoza *et al.*, 2014).

La tierra retirada por la tuza en la elaboración de sus túneles es depositada en montículos sobre la superficie (Huntly y Inouye, 1988).

En el sistema de túneles, almacenan alimento recolectado para el invierno (Kerley *et al.*, 2003).

La alimentación de *G. arenarius* incluye raíces, tubérculos, bulbos, tallos, hojas, frutos y granos de plantas; son animales de fácil adaptación a ambientes modificados antropogénicamente por la agricultura (Crouch, 1933).

En cuanto a su patrón social, *G. arenarius* es una especie solitaria, desarrolla sus actividades individualmente; en temporada de reproducción los machos van en búsqueda de las hembras (Mielke, 1977).

Las hembras pueden tener más de un parto al año Su temporada de cría es larga y ocurre en los meses de verano, el promedio de crías por parto es de cuatro (Williams y Baker, 1974).

3. HIPÓTESIS

La prevalencia parasitaria de sifonápteros en *Geomys arenarius* está asociada a factores como la temporada de colecta y el sexo del hospedador, siendo mayor en la temporada húmeda y en geómidos machos a lo largo del estudio (Temporada post-húmeda 2019 - 2020).

4. OBJETIVO GENERAL

Estimar la prevalencia parasitaria de la población de sifonápteros en roedores de la especie *Geomys arenarius* establecidos en un sistema de producción de nogales en el APFF Médanos de Samalayuca durante las temporadas post-húmeda (octubre) 2019, seca (junio), húmeda (septiembre) y post-húmeda (noviembre) 2020.

4.1 Objetivo específicos

1. Identificar por medio de claves taxonómicas y medidas morfométricas el sexo y la especie de los sifonápteros que parasitan a *Geomys arenarius* capturados (oct 2019- nov 2020).
2. Calcular la prevalencia parasitaria general y por temporada de colecta teniendo en cuenta el sexo del sifonáptero.
3. Determinar la asociación entre la temporada de colecta y los geómidos parasitados, el sexo de los hospederos y el sexo de los parásitos.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción del Área de Estudio

Los Médanos de Samalayuca son un Área de Protección de Flora y Fauna dentro del estado de Chihuahua que abarca los municipios de Guadalupe y Juárez (figura 5). Tiene una extensión de más de 63 mil hectáreas e incluye parte de los ejidos El Vergel, Ojo de la Casa, Samalayuca y Villa Luz (CONANP, 2013).

5.1.1 Vegetación y suelo

El APFF Médanos de Samalayuca cuenta con una lista florística de alrededor 248 especies agrupadas en 36 familias botánicas, entre las cuales destacan Poaceae, Asteraceae, Cactaceae y Fabaceae, y una gran variedad de plantas halófilas exclusivas de la zona (Gatica-Colima, 2019).

Las dunas se originaron como resultado de un proceso derivado de los vientos que golpeaban la Sierra de Presidio creando una pared de 300 metros de altura. La turbulencia del viento hace girar la arena en círculos muy cerrados que criban finamente la arena y crean dunas aklé de gran altura. Este tipo de suelos se denominan eólicos pues en su formación influyen el viento y la deposición de arenas y aluviones trasladados desde playas secas y taludes del pedimento, que luego son devueltos a las cuencas. En el oeste y el sur de este desierto, la alta evaporación y el mal drenaje han multiplicado las zonas de suelos de fases salinas y salino-sódicas y las formaciones salitralas (CONANP, 2013).

Desmond y Montoya (2006) reportan que los ecosistemas más abundantes son pastizal y matorral. En estos predominan las especies de arbustos gobernadora (*Larrea tridentata*) y mezquite (*P. glandulosa*) así como gramíneas: el zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*), zacate azul (*B. gracilis*) y navajita velluda (*B. hirsuta*).

En las cercanías de las poblaciones de los ejidos de Ojo de la Casa, Samalayuca y Villa Luz, en una superficie de 511 hectáreas (0.81 por ciento del área total de los Médanos) se practica la agricultura de riego. Se cultivan hortalizas, frutos, granos y pastizales (SAGARPA, 1995).

Las condiciones del suelo del desierto Chihuahuense permiten plantaciones del nogal pecanero (figura 5) en la zona del rancho Arantxa (Díaz *et al.*, 2011).

El árbol de nuez de pecan *Carya illinoensis* es originario del norte de México y sureste de Estados Unidos, el estado de Chihuahua es líder en la producción de nuez (Orona *et al.*, 2006).

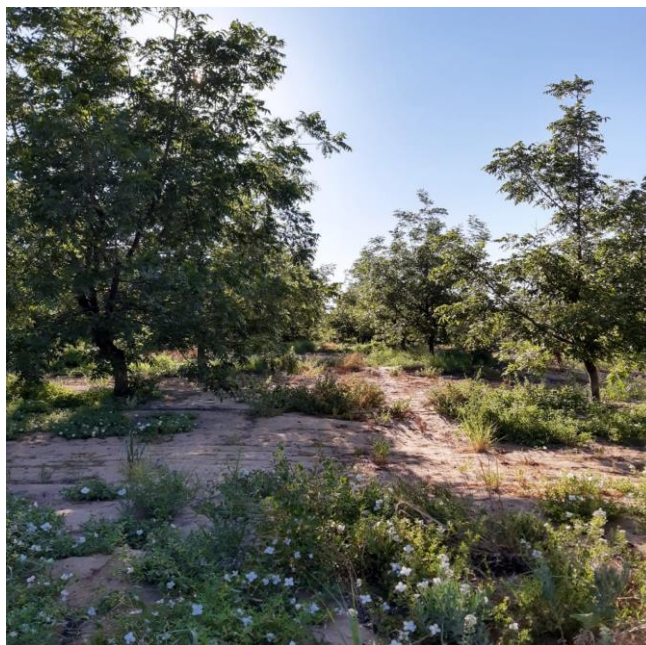


Figura 5. Cultivo de nogal pecanero en el Rancho Arantxa (foto: Rueda-Torres, 2020).

5.1.2 Clima y precipitación

En la zonas norte y centro del desierto Chihuahuense hay clima seco y semidesértico (Schmidt, 1979). La temperatura promedio anual es de 17.9°C, los meses extremos son julio con 28.6°C y enero con 7.0°C (oscilación térmica anual de 23°C). Los registros más extremos han sido de 41.2°C y -16°C. Samalayuca recibe menos de 16 centímetros de precipitación al año. Entre julio y septiembre cae el 75% de la precipitación total anual y en invierno alrededor del 10%. Debido a las altas temperaturas la evaporación alcanza un valor medio de 2 mil 420 milímetros casi 10 veces mayor que la precipitación media anual, lo que explica la deficiencia de humedad existente (CONANP, 2013).

5.1.3 Fauna

De acuerdo con Benson (1933), mamíferos de 20 especies habitan en las dunas, aunque evidencias de varios reportes derivados de huellas, heces y observaciones, permitieron extender los listados de fauna.

Según Anderson (1972), en Samalayuca hay registros de 62 especies de Mammalia, principalmente roedores: *Dipodomys ordii*, *Onychomys arenicola*, *Spermophilus (Xerospermophilus) spilosoma*, *Spermophilus (Otospermophilus) variegatus*.

El Programa de Manejo del APFF reporta una lista de siete anfibios, 48 reptiles, 162 aves y 64 mamíferos, entre ellos *Geomys arenarius* como especie exclusiva de la región (CONANP, 2013).

5.2 Rancho Arantxa

El Rancho Arantxa se encuentra al sur del APFF Médanos de Samalayuca en la coordenada geográfica de referencia 31°12'13" N y 106°28'11.36" O, tiene una elevación media de 1,308 m (figura 6).

El área donde se realizó el muestreo comprende la zona productiva de árboles de nogal que abarca 400 hectáreas. El rancho también cuenta con cultivos de riego de vid y pistache.

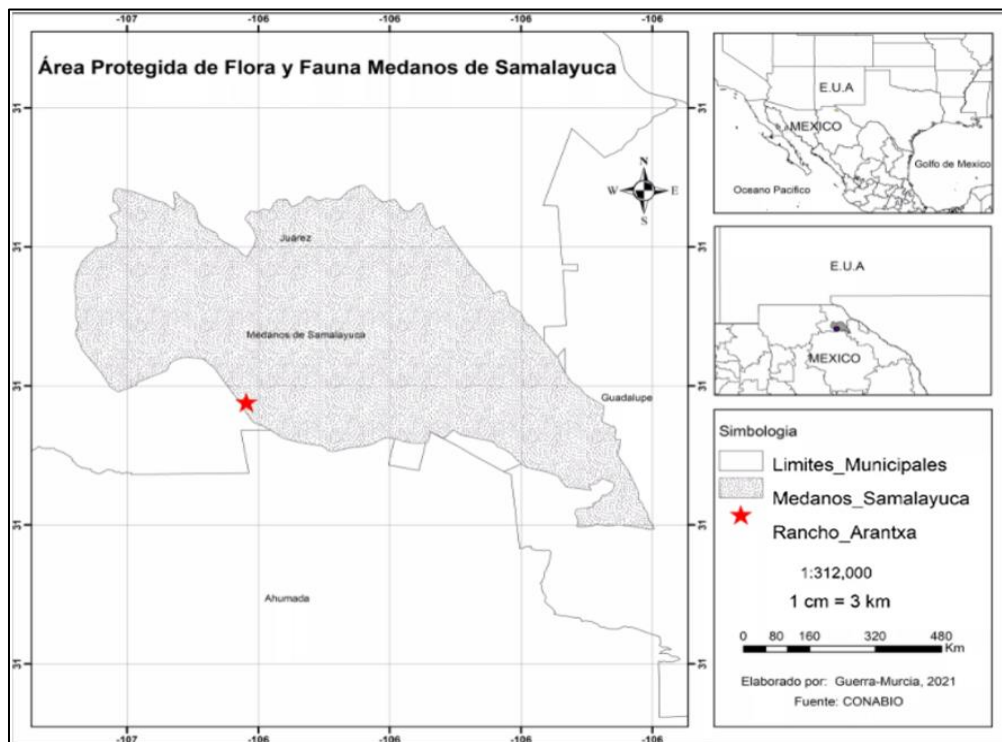


Figura 6. Localización del Rancho Arantxa en el APFF Médanos de Samalayuca.

En la zona de cultivo de *Carya illinoensis* encuentran especies vegetales asociadas.

5.3 Trabajo de campo

La recolección de los ejemplares se realizó con los permisos de colecta otorgados por la DGVS SEMARNAT 07609/19 y 251 08/K5-0878/03/20 y con la aprobación CEI-2020-2-199 del Comité de Ética en la Investigación de la UACJ.

En las temporadas post-húmeda de 2019 (octubre), seca de 2020 (junio), húmeda de 2020 (septiembre) y post-húmeda de 2020 (noviembre).

5.3.1 Colecta de *Geomys arenarius*

Los ejemplares de *G. arenarius* fueron capturados en el Rancho Arantxa durante las cuatro temporadas por medio de trampas mecánicas (Gophinator, Trapline Products, Menlo Park, Estados Unidos).

Se instalaron ocho trampas mecánicas (figura 7a) en el área productiva del rancho en sitios con evidencia de montículos de *Geomys arenarius*. Se escarbo en el suelo, se ubicaron dos trampas en las entradas del sistema de túneles en donde se observaba una bifurcación (figura 7b), las trampas se amarraron a una estaca para evitar que las tuzas se las llevaran al tratar de escapar (Chávez-León, 2017). Luego de dos horas se revisaban las trampas para confirmar la presencia de roedores capturados, este proceso es parte del sistema de control de plagas del rancho.



Figura 7. Trampas a) instalada; b) instaladas en bifurcación.

A los animales atrapados se les practicó eutanasia por el método de dislocación cervical basándose en Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research según lo descrito por Sikes y Gannon (2011).

Los cadáveres de los ejemplares de *G. arenarius* se utilizaron en otros proyectos de investigación y se adicionaron a la Colección de Vertebrados de la UACJ. Para ello se tomaron medidas morfométricas (longitud total, de cola, pata derecha y oreja); se obtuvo el peso por medio de un dinamómetro (Pesola, Schindellegi, Suiza) y por la presencia del báculo se determinó el sexo de los machos geómidos, para el presente estudio solo se tuvo en cuenta la longitud total y el peso de los ejemplares en los cuales se encontró presencia de ectoparásitos sifonápteros.

Los ejemplares de *G. arenarius* fueron examinados externamente (piel y el pelaje) utilizando peine y pinzas, se colocó una hoja blanca y se pasó el peine por el pelo y la piel del roedor; los ejemplares de sifonápteros se preservaron en alcohol etílico al 70% dentro de tubos (Eppendorf, Hamburgo) etiquetados con el número del huésped para su posterior revisión en el laboratorio.

Para cada ejemplar de *G. arenarius* se realizó una etiqueta con los datos convencionales. Se almacenaron en el laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) del Instituto de Ciencias Biomédicas, donde fueron refrigerados para la taxidermia y su depósito en la Colección Científica de Vertebrados de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (CHI-VER-189-08-06).

Se obtuvo una n= 53 ejemplares de la especie *Geomys arenarius*.

5.4 Trabajo de gabinete

5.4.1 Análisis de sifonápteros

Para la evaluación morfológica se sacaron las pulgas de los viales, fueron observados bajo un estereoscopio (Leica Microsystems, New York, USA) y un microscopio (Leica Microsystems, New York, USA).

El aclaramiento se realizó mediante KOH al 10%, en este procedimiento se sumergen los ectoparásitos de 24 a 48 horas según el tamaño del parásito, las pulgas más grandes requerían un mayor periodo de tiempo. Este paso permite eliminar pigmentos para poder apreciar estructuras que facilitaran la identificación de la especie. Una vez aclarados los sifonápteros, de nuevo son observados bajo microscopio para evaluar el estado del aclaramiento, una vez se alcanzó el deseado fueron lavados con agua destilada para eliminar los restos del compuesto químico.

Para ser deshidratados se usó alcohol en tres seriaciones 70, 80 y 95%, donde permanecieron inmersas al menos 60 minutos en cada una de las graduaciones (Martin, 1994).

Luego fueron diafanizadas empleando eugenol durante 30 minutos, de esta manera se logró observar con claridad en el microscopio. Posteriormente se realizó inmersión de los ectoparásitos en xilol durante 12 horas para finalmente ser montadas en bálsamo de Canadá y secadas en estufa con temperatura de 50°C.

Después de tener los ejemplares montados en las láminas (figura 8), se inició su identificación y clasificación mediante la observación en microscopio con la que se pudo especificar su morfología.



Figura 8. Ejemplar de sifonáptero en lámina.

Se midió el protórax y su longitud total por medio de un micrómetro ocular. Para la identificación taxonómica se siguieron las claves y descripciones de Johnson (1957), Hopkins y Rothschild (1953, 1956, 1962), Smith (1987), Fritz y Pratt (1947), Whiting *et al.* (2008), y Lewis y Wilson (2006).

5.5 Análisis estadístico

La prevalencia total y por temporada fue calculada tomando como referencia a Watts y Shelley (2012) donde:

$$\text{Prevalencia} = \left(\frac{\text{Número de individuos parasitados por una especie de parásito}}{\text{Número de individuos examinados}} \right) \cdot 100$$

Las variables independientes (factores) son categóricas: la temporada (post-húmeda 2019, seca 2020, húmeda 2020 y post-húmeda 2020), así como el sexo de los hospederos y de los parásitos sifonápteros (hembra/macho). Las variables de respuesta también son categóricas (parasitado/no parasitado).

Se calculó la media y desviación estándar para el peso y longitud total de los hospederos, así como para la longitud de protórax y longitud total de los sifonápteros.

Se utilizó un análisis de datos categóricos para establecer si existía asociación entre las variables con una prueba de chi cuadrada y cuando fue necesario (cuando al menos el 80% de las celdas en una tabla de contingencia tuvieron frecuencias observadas menores a 5) una prueba exacta de Fisher. El análisis de los datos se realizó mediante el programa estadístico SAS versión 9.0 para Windows.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Identificación de sifonápteros colectados

Los ejemplares montados en láminas fueron examinados con base a claves de identificación de Fritz y Pratt (1947) y Lewis y Wilson (2006), esta última, principalmente permitió determinar que el total de las pulgas colectadas correspondían a la familia Ceratophyllidae.

La proporción hembra:macho correspondió a 1:1.1, esta proporción coincide con lo reportado por Wayson (1947).

Los caracteres de identificación externos y de su genitalia permitieron ubicar al parasito sifonáptero en el género *Dactylopsylla*. Sin embargo, características morfológicas en cabeza y genitalia observadas difieren de las especies reportadas por los autores parasitando a miembros de la familia Geomyidae tales como *Dactylopsylla pentachaeta* reportada en Nuevo México, EUA., y *Dactylopsylla megasoma* reportada en Veracruz, México. Por lo tanto, se procedió a dar la clasificación y descripción de una nueva especie de pulga *Dactylopsylla samalayuca* n. sp., esta se presenta en la figura 9. Se le asignó el nombre a la especie en referencia al sitio donde se llevó a cabo el hallazgo el cual es el APFF Médanos de Samalayuca.

Se integró un banco de imágenes con fotografías de cada ectoparásito y los ejemplares se agregaron a la Colección de Siphonaptera del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias de la UNAM y a la Colección de Vertebrados como anexos de la UACJ.

Los ejemplares de *D. samalayuca* (n. sp), se caracterizan por poseer el primer y tercer par de setas plantares ubicadas lateralmente en el segmento V detrás del tarso, las cuales no se desplazan hacia la superficie plantar; en su abdomen esternal hay presencia de espículas; en las hembras, la espermateca puede variar, poseen una bursa copulatoria que se encuentra esclerotizada y un divertículo extenso. Los machos carecen de zona espiculosa a nivel del terguito VIII, poseen dos setas acetabulares de las cuales la superior se origina retirada del margen, el proceso móvil es largo, recto y su ápice puede estar doblado en la cabeza.



Figura 9. Ejemplar de *Dactylopsylla samalayuca* n. sp., vista 10x.

Su cabeza carece de seta ventral, entre las setas inferiores en frontal y ocular; en el tórax presenta setas plantares laterales, esternitos con pequeñas espículas ubicadas indistintamente, el ojo vestigial y el arco pleural son reducidos a nivel del metatórax.

Los caracteres diagnósticos externos que observamos fueron la presencia de Ctenidio pronotal y la ausencia de Ctenidio genal, la longitud de los palpos labiales los cuales no se extienden más allá del trocánter de la primera pata, los segmentos del tarso posterior y sus cerdas plantares, una vez diferenciamos hembras y machos las características de la genitalia del macho y de la hembra (figura 10) permitieron confirmar la especie de sifonáptero.

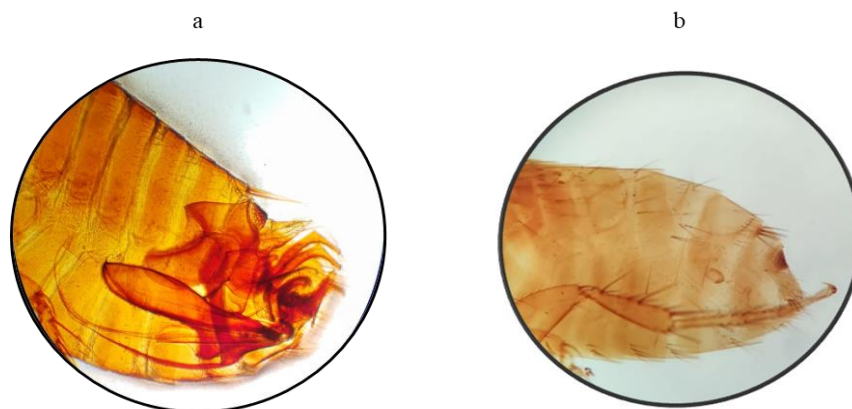


Figura 10. Genitalia de *Dactylopsylla samalayuca*: a) macho; b) hembra.

Según Lewis y Wilson (2006), los caracteres diagnósticos que distinguen al Género *Dactylopsylla* y que permitieron diferenciar a *D. samalayuca* n. sp., del resto de especies de este género son los que se observan a continuación en el cuadro 3.

Cuadro 3. Caracteres diagnósticos hallados en las pulgas recolectadas clasificadas como *D. samalayuca* n. sp.

Carácter diagnóstico	Descripción
Cabeza	<p>Sin seta ventral entre las setas más bajas en las filas frontal y ocular.</p> <p>Ojo vestigial o ausente.</p> <p>Fosas sensoriales en antenómeros 4-6, típico de la familia.</p>
Tórax, abdomen y Extremidades	<p>El tórax y abdomen presentan esternitos con diminutas espículas.</p> <p>Setas plantares laterales primera y tercera desplazadas ligeramente sobre la superficie plantar.</p>
Genitalia del macho	<p>Superficie interior del tergito VIII con o sin zona espiculosa.</p> <p>Esternito VIII con setae apical o ventroapical corto o largo.</p> <p>Superficie exterior de la porción proximal del brazo distal del esternito IX sin un grupo denso de setas muy largas, su margen ventral sinuoso.</p> <p>Ápice de proceso móvil desviado caudal.</p> <p>Aedeagus hiperdesarrollado dorsoapicamente formando lóbulos y procesos de forma exacerbada.</p>
Genitalia de la hembra	<p>Posee un gran divertículo alrededor del ostium bursae.</p> <p>Bulga de espermateca marcadamente piriforme.</p> <p>Hilla evidencia una papila diminuta.</p> <p>Dos setas subapicales en el estilete anal.</p>

Medvedev (1997) indica que una baja actividad migratoria y una separación considerable entre parejas, familias y poblaciones de los hospederos pueden explicar la limitada cantidad de especies

reportadas de los géneros *Foxella*, *Dactylopsylla* y *Spicata* pertenecientes a la familia Ceratophyllidae.

A pesar de que la especie *D. megasoma* se encuentra distribuida en el norte de México y parasita a tuzas, no coincide con los ejemplares colectados en el APFFMS. Estos presentan mayor similitud con *D. pentachaeta*. Sin embargo, por las características de la genitalia, y con base a las claves taxonómicas de Lewis y Wilson (2006), se concluyó que se trataba de una especie diferente.

La familia Ceratophyllidae en México cuenta con mayor número de reportes del género *Foxella*, con diferentes especies. Se han encontrado en el Estado de México, Ciudad de México, Durango, Michoacán, Nuevo León, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz (Salceda-Sánchez y Hastriter, 2006). Por otra parte, los reportes del género *Dactylopsylla* son limitados a los estados de Coahuila, Guerrero y Nuevo León (Lewis y Wilson, 2006), por lo que el hallazgo de esta nueva especie en el estado de Chihuahua aumenta los registros de este género en el país. Los trabajos de campo y la recolección de especímenes en las zonas áridas de los estados del norte de México siguen siendo escasos y es posible que aún esté por conocerse la mitad de la fauna de pulgas del país (Acosta, 2014). Es así, como esfuerzos recientes han documentado en el APFF Médanos de Samalayuca la presencia de *Pulex irritans* en *Canis latrans* capturados en la región noroeste de la zona, este hallazgo representó el primer reporte de *P. irritans* en coyotes en los Médanos de Samalayuca (Hernández-Urbina *et al.*, 2020).

Geomys arenarius es una especie que pertenece a una gran familia donde se ha reportado la presencia de agentes infecciosos con potencial zoonótico, la ubicación del APFF Médanos de Samalayuca en la frontera y el comportamiento de los roedores aunado a la intervención del ser humano en la zona natural puede ser clave en la diseminación de posibles enfermedades transmitidas por vectores, por ello, tiene gran importancia conocer pulgas nuevas. Fagerlund *et al.* (2001) reportaron como parte del Programa de Control de Vectores del Departamento de Medio Ambiente de Nuevo México (NMED) que entre 33 especies de pulgas positivas a la bacteria *Yersinia pestis* en el estado de Nuevo México, EUA, se encontraban especímenes pertenecientes a la familia Ceratophillydae, las especies *Dactylopsylla b. bluei*, *Dactylopsylla neomexicana*, *Foxella ignota apachina*, *Foxella ignota utahensis*, *Spicata battaceps* y *Spicata rara*. La pulga hallada, *D. samalayuca* n. sp., se clasifica en esta misma familia, por ende, se requieren estudios moleculares para determinar si es portadora de *Y. pestis*, agente infeccioso causante de la peste bubónica o de otros patógenos.

Los ejemplares de *D. samalayuca* (n. sp) poseen una longitud total promedio de 3.72 mm \pm 0.31 mm y su protórax mide en promedio de 21.00 μ m \pm 2.56 μ m, las medidas para machos y hembras se observan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Medidas de longitud total y protórax de pulgas *D. samalayuca* n. sp., hembras y machos.

Medidas obtenidas	Media ± DE
Longitud total machos	3.37 mm ± 0.33 mm
Longitud total hembras	4.08 mm ± 0.29 mm
Longitud protórax machos	19.85 µm ± 2.85 µm
Longitud protórax hembras	23.71 µm ± 2.28 µm

Así mismo se tuvieron en cuenta la longitud total y el peso de los 15 hospederos (cuadro 5) con el propósito de identificar el tamaño de hembras (n=12) y machos (n=3), los valores se presentan en el cuadro 5, la longitud total media fue de 218.066 mm ± 38.991 mm y peso 129.933gr ± 36.042 gr.

Cuadro 5. Medidas anatómicas de los hospedadores *G. arenarius* longitud total y peso de hembras y machos infestados.

Medidas <i>G. arenarius</i> parasitados	Media ± DE
Longitud total machos	214.000 mm ± 41.569 mm
Longitud total hembras	219.083 mm ± 40.189 mm
Peso machos	167.333 gr ± 48.387 gr
Peso hembras	120.583 gr ± 27.400 gr

El hallazgo de la especie *D. samalayuca* n. sp., en el APFF Médanos de Samalayuca parasitando a los roedores en la especie *G. arenarius* coincide con los resultados de Lewis (2003) en donde afirma que especies de la subfamilia Dactylopsyllinae son propias de las tuzas y que su distribución se limita a la región Neártica alcanzando Centro América. Así mismo, el autor reportó la presencia de *Foxella*

(Wagner, 1929) y *Spicata* (Fox 1940) pertenecientes a la misma subfamilia Dactylopsyllinae y de la familia Ceratophyllidae parasitando geómidos.

6.2 Prevalencia parasitaria de *Dactylopsylla samalayuca* (n. sp)

El género *Dactylopsylla* representado por *D. samalayuca* n. sp. fue el único prevalente (28.30%) parasitando a la tuza arenera en el desarrollo de este estudio, los resultados de prevalencia por temporada se presentan en el cuadro 6.

La temporada con mayor prevalencia parasitaria fue post-húmeda 2020 (40.00%), contrario a lo que se esperaba la temporada húmeda 2020 ocupó el segundo lugar con una prevalencia parasitaria de 33.33%.

Cuadro 6. Prevalencia parasitaria de sifonápteros en *G. arenarius* en el APFF Médanos de Samalayuca durante cuatro temporadas.

Temporada	Prevalencia de <i>D. samalayuca</i> n. sp (%)	<i>G. arenarius</i> I/E
Post-húmeda 2019	23.07%	3/13
Seca 2020	21.42%	3/14
Húmeda 2020	33.33%	7/21
Post-húmeda 2020	40.00%	2/5
General	28.30%	15/53

I: Infestados

E: Examinados

Traub *et al.* (1985) mencionan que las pulgas del género *Dactylopsylla* son consideradas pulgas de nidos, lo que explicaría su rareza y poca frecuencia con la que se recolecta; en el presente estudio la prevalencia de *D. samalayuca* n. sp fue menor al 50%, aunado a esto los geómidos se caracterizan por ser roedores solitarios lo que los hace tener menor posibilidad de ser parasitados por pulgas de otras especies de mamíferos.

6.2.1 Prevalencia parasitaria de *Dactylopsylla samalayuca* n. sp., por temporada y sexo del hospedador

La prevalencia parasitaria de *D. samalayuca* n. sp., (cuadro 7), diferenciada por sexo y temporada no presentó diferencia significativa ($P > 0.05$).

Según López-Pérez (2017) las pulgas según su especie tienen diferentes requerimientos de ecosistemas, por lo que cada especie tiene afinidad por efectos de humedad, clima, vegetación y especificidad de hospederos. Los resultados de este estudio concuerdan con lo anterior, ya que se observa que la pulga identificada presenta buena adaptabilidad al hospedero, así como este al ecosistema. Al encontrarse en un ecosistema desértico, se esperaba que la prevalencia parasitaria fuera mayor en la temporada húmeda 2020 ya que las condiciones para que la pulga lleve a cabo su ciclo de vida son más favorables de temperatura y humedad (Krasnov *et al.*, 2005; Krasnov, 2008). Sin embargo, aunque no existió diferencia significativa, el porcentaje obtenido fue mayor en la temporada post-húmeda 2020 y fueron las hembras de los geómidos con mayor infestación. Esto puede sugerir que se han adaptado a las condiciones del ambiente.

Cuadro 7. Prevalencia de la pulga *D. samalayuca* n. sp. por temporada y sexo del hospedador.

Temporada	Prevalencia Hembras	Hembras I/E	Prevalencia Machos	Machos I/E
Post-húmeda 2019	25.00%	3/12	0.00%	0/1
Seca 2020	18.18%	2/11	33.33%	1/3
Húmeda 2020	38.46%	5/13	25.00%	2/8
Post-húmeda 2020	40.00%	2/5	0.00%	0/0
General	29.26%	12/41	25.00%	3/12

En este estudio se reporta una mayor prevalencia parasitaria de pulgas hembras *D. samalayuca* n. sp., (29.26%) parasitando roedores de la especie *G. arenarius*, los resultados concuerdan con los

reportados por Bernedo (2018), quien identificó en múltiples localidades de Perú, 277 pulgas pertenecientes al género *Neotyphloceras* parasitando 86 roedores. Las pulgas obtenidas correspondieron a 93 machos y 184 hembras, es decir, una prevalencia parasitaria en hembras del 66.42% y en machos de 33.57, mostrando una mayor prevalencia parasitaria de pulgas hembra.

Falcón-Ordaz *et al.* (2012) en su estudio desarrollado en la cuenca oriental, reportan prevalencia parasitaria de sifonápteros en roedores, así como el sexo de los parásitos (cuadro 8). Los resultados apoyan la hipótesis que los sifonápteros poseen varios grados de especificidad. Sin embargo, algunas especies son eurixenas y pueden parasitar hospederos pertenecientes a un género o incluso una familia como ocurrió con *Meningis altipecten* y *Polygenis vazquezi* las cuales se encontraron asociadas a lo largo de su distribución a *Dipodomys phillipsii* y *Liomys irroratus* respectivamente, ambos miembros de la familia Heteromyidae. Los resultados obtenidos son similares en cuanto a que obtuvimos una mayor presencia de pulgas hembras parasitando a los hospederos. En cuanto a la prevalencia parasitaria en *G. arenarius* (28.30%) la más cercana fue con *P. maniculatus* y *P. difficilis* (20.00%).

Cuadro 8. Prevalencia y proporción sexual de sifonápteros en roedores de zonas áridas y semiáridas de México.

Hospedero	Sifonáptero	I/E	Prevalencia	Sexo sifonápteros
<i>Liomys irroratus</i>	<i>Echidnophaga gallinacea</i>	1/11	9.00%	2 hembras
<i>Liomys irroratus</i>	<i>Polygenis vazquezi</i>	9/11	81.00%	28 machos 35 hembras
<i>Dipodomys phillipsii</i>	<i>Anonmiopsyllus traubi</i>	1/11	9.00%	2 hembras
<i>Peromyscus maniculatus</i>	<i>Jellisonia breviloba</i> <i>barrerae</i>	1/5	20.00%	1 hembra
<i>Peromyscus difficilis</i>	<i>Pleochetis mundus</i>	3/5	20.00%	2 machos 9 hembras

I: Infestados

E: Examinados

Los resultados del presente estudio evidencian que *D. samalayuca* n. sp., tiene afinidad por el hospedero *G. arenarius*, la prevalencia parasitaria (28.38%) fue mayor a las reportadas por Falcón-Ordaz *et al.* (2012) en su estudio de la Cuenca Oriental de México. En ambas investigaciones se

obtuvo mayor cantidad de pulgas hembras, un dato similar en cuanto a la proporción macho:hembra, lo presento la pulga *Polygenis vasquezi* (1:1.25) y el presente estudio *D. samalayuca* n. sp., (1:1.1).

6.3 Asociación de *D. samalayuca* n. sp., y temporada de colecta, sexo del hospedador y sexo del parásito

No encontramos ninguna asociación significativa entre la temporada de colecta y el número de hospederos infestados. En la temporada que hubo mayor porcentaje de individuos parasitados fue húmeda 2020 (46.66%) y la que presentó menor fue post-húmeda 2020 (13.33%). Estos resultados sugieren que no hay diferencia significativa en las temporadas de colecta (GL=3, F= 0.01, P=0.75). Los resultados se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Porcentaje de *G. arenarius* infestados por temporada de colecta.

Temporada	<i>G. arenarius</i> parasitados	Porcentaje (%)
Post-húmeda 2019	3	20.00%
Seca 2020	3	20.00%
Húmeda 2020	7	46.66%
Post-húmeda 2020	2	13.33%
General	15	100%

De los 53 ejemplares de *G. arenarius* capturados, el 77.35% fueron hembras (cuadro 10), siendo la temporada Post-húmeda 2020 la que presentó una captura del 100%. En general, el porcentaje de machos capturados en cada estación estuvo por debajo del 40%. Aun cuando la tendencia es evidente en un número mayor de hembras capturadas, no se encontró una diferencia significativa en la interacción de sexo del hospedero y temporada (GL =3, F= 0.03, P=0.13).

Cuadro 10. Número de *G. arenarius* capturados por temporada y porcentaje según sexo del ejemplar.

TEMPORADA	HEMBRAS		MACHOS	
	N	%	N	%
Post-húmeda 2019	12	92.30%	1	7.69%
Seca 2020	11	78.57%	3	21.42%
Húmeda 2020	13	61.90%	8	38.09%
Post-húmeda 2020	5	100.00%	0	0.00%
General	41	77.35%	12	22.64%

Las hembras de muchas especies de roedores por lo general amamantan solitariamente a sus crías (Clutton-Brock, 1991; Lonstein y De Vries, 2000; Girard *et al.*, 2002), esto facilita la transmisión vertical de ectoparásitos entre madres y las crías (Yamamura 1993; Ebert y Herre 1996). Así mismo, las pulgas ponen huevos en los nidos de los hospederos y, por lo tanto, el nido de las hembras puede ser de mayor valor nutricional que el nido de macho solitario (Gorrell y Schulte-Hostedde 2008). Esto explicaría por qué, aunque no existió diferencia significativa, las hembras *G. arenarius* presentaron mayor infestación de parásitos sifonápteros frente a los machos.

La mayor captura de roedores hembra difiere con lo reportado por Monge y Sánchez (2018), quienes en Costa Rica reportaron proporciones (machos:hembras) en *Mus musculus*, 1,9:1 y en *Sigmodon hirsutus* 1,25:1. Sin embargo, en *Rattus norvegicus* a diferencia de las otras dos especies, mostró una mayor proporción de hembras, en una relación 2:1 (hembras:machos), este último reporte coincide con el de la presente investigación en cuanto a que presentó una mayor proporción de hembras.

En otro estudio Delgado (1990) en Costa Rica evaluó el comportamiento ecológico de *Orthogeomys cherriei* en un cultivo de cacao y plátano, colectó 130 geómidos, de los cuales 67 fueron hembras (51.50%) y 63 machos (48.50%), reportando una proporción de sexos 1:1 (hembras:machos). Aunque

las hembras capturadas superaron a los machos por un corto margen no hubo diferencia significativa entre sexo de los roedores, esto coincide con el hallazgo de esta investigación.

Villa y Valencia (1991) en Chalco, Estado de México, México estudiaron la actividad reproductiva de la tuza *Pappogeomys merriami merriami*. Para ello, colectaron 169 individuos de los cuales 65 fueron hembras (38.46) y 104 machos (61.53%) y la relación 1:1.4 (hembras:machos). Estos resultados en roedores de la familia Geomyidae son opuestos a los obtenidos en el muestreo de esta investigación. Sin embargo, concuerdan en que no hubo diferencia significativa.

Con base a resultados de frecuencia de capturas de geómidos sobre todo en los géneros *Thomomys* y *Geomys* se registran capturas de gran número de individuos (mayores a 100) en distintos periodos de tiempo, en esas capturas destaca el uso de trampas Macabee (Marsh 1998; Pipas *et al.* 2000). El presente estudio que también se realizó con trampas exclusivas para tuzas no fue numeroso $n=53$ durante las temporadas, teniendo en cuenta que siempre se usó el mismo tipo y número de trampas, esto quizá se debió a un esfuerzo de captura menor. Para tratar de explicar la mayor proporción de hembras Miller (1952) plantea que es posible que sean más activas que los machos al reparar las entradas de las galerías y por ello son más susceptibles a ser capturadas.

De los 21 ejemplares de *D. samalayuca* n.sp., capturados, 11 fueron hembras y 10 machos (cuadro 11), la temporada con mayor número de pulgas colectadas correspondió a la húmeda 2020. Sin embargo, la prevalencia parasitaria fue mayor en la temporada Post-húmeda 2020. El mayor porcentaje de sifonápteros hembra se obtuvo en la temporada húmeda 2020 (66.66%) y el menor en la temporada post-húmeda 2019 (25.00%). Estos resultados evidencian que la población de sifonápteros en los roedores es constante y presenta una baja incidencia. Durante las temporadas de colecta se observa un rango para las capturas de hembras desde una en la temporada post húmeda 2019 hasta cinco en la temporada húmeda 2020, donde se capturo el mayor número de hembras. Mientras que, para los machos, el rango es 1-3, esta varianza en los datos dio lugar a que la diferencia fuera no significativa (GL=3, F= 0.03, P=0.68).

Cuadro 11. Número de pulgas recolectadas y porcentaje por temporada diferenciadas por sexo.

TEMPORADA	HEMBRAS		MACHOS	
	N	%	N	%
Post-húmeda 2019	1	25.00%	3	75.00%
Seca 2020	3	50.00%	3	50.00%
Húmeda 2020	5	62.50%	3	37.50%
Post-húmeda 2020	2	66.66%	1	33.33%
General	11	52.38%	10	47.61%

Krasnov (2008) afirma que las características del ambiente son importantes para la supervivencia de los sifonápteros, así como los hábitats donde se desenvuelven los hospederos que van a influir sobre la estructura y composición de sus comunidades. En este caso, el cultivo de nogal da refugio y provee alimento a los roedores de la especie *G. arenarius*. El establecimiento de este sistema productivo permitió el asentamiento de la población de los geómidos y por lo tanto, favoreció el desarrollo del ciclo de vida de las pulgas que los parasitan. Las tuzas por su comportamiento fosorial ofrecen protección constante a las pulgas en su sistema de túneles, nidos e incluso en su cuerpo; las protegen de los cambios de temperatura de la superficie. Los hábitos de alimentación de *G. arenarius* les permiten disponer de fuentes de alimento bajo tierra. Los animales capturados presentaban buen estado corporal, así que son buena fuente de alimento para los parásitos sifonápteros. Esta observación concuerda con Teipner (1983), donde afirma que la perturbación de los suelos como la preparación de tierras agrícolas permite que la densidad de *Geomys* aumente al adaptar sus hábitos alimenticios a la composición y abundancias de las plantas en dichas áreas.

Cabe señalar que para los análisis estadísticos para calcular la asociación entre variables (temporadas y *G. arenarius* parasitados, temporadas y sexo de los hospederos y temporadas y sexo de los sifonápteros), se hizo una tabla de contingencia y al no cumplirse en el 75% de las celdas de la tabla

mayores a 5, se descartó la prueba de chi cuadrada y se recurrió a la exacta de Fisher, los resultados se presentan a continuación en el cuadro 12.

Cuadro 12. Asociación entre la temporada de colecta, geómidos parasitados, sexo del hospedador y sexo del parásito.

Variables	P
Temporadas y <i>G. arenarius</i> parasitados*	0.7579
Temporadas y sexo <i>G. arenarius</i> *	0.1350
Temporadas y sexo <i>D. samalayuca</i> n. sp.*	0.6844

*Se utilizó una prueba exacta de Fisher

Los resultados anteriores permiten concluir que estadísticamente no hay asociación entre las variables temporada de colecta y animales parasitados, temporada de colecta y sexo de los hospederos ni en temporada de colecta y sexo de los parásitos, con un nivel de significancia del 0.05 (95%). Es posible que al incrementar el tamaño de muestra se logre identificar algún tipo de asociación estadística, también se podrían tener en cuenta otras variables de tipo ambiental como la temperatura y el tipo de suelo.

Considerando el ciclo de vida de los sifonápteros, las características del ambiente juegan un papel importante en la determinación de su supervivencia. Por lo anterior, las características del hábitat en donde se encuentran los hospedadores influyen sobre la estructura y composición de sus comunidades de sifonápteros (Krasnov *et al.*, 2005; Krasnov, 2008). Esta afirmación podría justificar por qué no se obtuvieron los resultados esperados como se plantearon en la hipótesis debido a que en el ecosistema donde se encuentran los hospedadores y sus sifonápteros han modificado notablemente la estructura del APFF MS, cambiando la composición de los suelos por la vegetación del sistema productivo y el riego constante, esto lleva a mejorar las condiciones para los roedores concentrando su población en una localidad.

7. CONCLUSIONES

Los parásitos sifonápteros colectados en los geómidos pertenecieron a la especie *Dactylopsylla samalayuca* n.sp., pulgas de la familia Ceratophyllidae y verdaderos parásitos de las tuzas.

La pulga *D. samalayuca* n.sp., presentó una prevalencia parasitaria de 28.30%. Así mismo, la mayor prevalencia parasitaria de *D. samalayuca* n. sp., se registró en la temporada post-húmeda a diferencia de lo esperado, del mismo modo según el sexo del hospedador *G. arenarius* la prevalencia parasitaria fue mayor en las hembras (29.26%) frente a los machos (25.00%).

Los resultados del presente estudio sugieren que no existe asociación entre las variables temporada de colecta y animales parasitados, temporada de colecta y sexo de los hospederos ni en temporada de colecta y sexo de los parásitos.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, K., Gárate, D., López, J., Acosta-Jamett, G. 2016. Pulgas y garrapatas en perros urbanos y rurales en cuatro regiones en Chile. Arch. Med. Vet. 48:247-253.
- Acosta, R. 2010. Five new Mexican species of the flea genus *Strepsylla* Traub, 1950 (Siphonaptera: Ctenophthalmidae: Neopsyllinae: Phalacroscyllini) with a phylogenetic analysis. Journal of Parasitology 96:285-298.
- Acosta, R. 2014. Biodiversidad de Siphonaptera en México. Revista Mexicana Biodiversidad Supl. 85:345-352.
- Acosta, R. y Fernández, J. A. 2015. Diversidad de pulgas y prevalencia en roedores de zonas áridas en la Cuenca Oriental, México. Revista Mexicana Biodiversidad. 86:981-988.
- Acosta, R. y Morrone, J. 2003. Clave ilustrada para la identificación de los taxones supraespecíficos de Siphonaptera de México. ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (N S), 89: 39-53.
- Adams, N. E. y Lewis, R. L. 1995. An annotated catalog of primary types of Siphonaptera in the National Museum of Natural History, Smithsonian Institution. Smithsonian. Contrib. Zool. 560:1-86.
- Álvarez-Castañeda, S. T., Álvarez, T. y González-Ruiz, N. 2015. Familia Geomyidae. Guía para la identificación de los mamíferos de México en campo y laboratorio. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC y Asociación Mexicana de Mastozoología, AC. México.
- Anderson, S. 1972. Mammals of Chihuahua, Taxonomy and distribution. Bull. Am. Museum of Natural History. 148 article 2.
- Bala, T. 2006. Community dynamics of rodents, fleas and plague associated with black-tailed prairie dogs. Ph. D. Dissertation. Kansas State University. Manhattan, Kansas. E.U.A.
- Balashov, Y. S. 2006. Types of parasitism of acarines and insects on terrestrial vertebrates. Entomology Review Journal. 86:957-971.
- Bartel, M. H., y Gardner, S. L. 2000. Arthropod and Helminth Parasites from the Plains Pocket Gopher, *Geomys bursarius bursarius* from the Hosts. Northern Boundary Range in Minnesota. Journal of Parasitology, 86 (1), 153–156.

- Bazán-León, E. A., Larechi, M., Sánchez, J., Soto-Nilo, G., Lazzoni, I., Venegas, C. I., Poblete, Y., Vásquez, R. A. 2013. Fleas associated whit nonflying small mammal communities from northern and central Chile: with new host and locality records. *Medical and Veterinary Entomology*. 27:450-459.
- Beaucournu, J. y Gómez-López, M. 2015. Orden Siphonaptera. *Rev. Ibero Diversidad Entomológica*. ISSN 2386-718. 61(A), pp 1-11.
- Beaucournu, J. C. y Launay, H. 1990. Les Puces (Siphonaptera) de France et du Bassin méditerranéen occidental, Faune de France, Vol. 76. Fédération Française des Société des Sciences Naturelles, Paris.
- Beck, W., Boch, K., Mackensen, H., Wiegand B., Pfister, K. 2005. Qualitative and quantitative observations on the flea population dynamics of dogs and cats in several areas of Germany. *Veterinary Parasitology*. 137(1-2):130-136.
- Beldomenico, P. M., Telfer, S., Gebert, S., Lukomski, L., Bennett, M., Begon, M. 2008. Poor condition and infection: a vicious circle in natural populations. *Proc Royal Soc B*, 275, 1753-1759.
- Benavides, E., Guerra, N., Valdivia, V., Gutiérrez, D., López, M., Serrano, A. 2010, Reporte de caso. pulicosis por *Ctenocephalides felis felis* en ovinos y caprinos en la sabana de Bogotá. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle. 19:123-135.
- Benson, S. B. 1933. Concealing coloration among some desert rodents of the southwestern United States. *University of California. Publ. Zool*. 40:1-70.
- Bolio-González, M. E., Rodríguez-Vivas, R. I., Sauri-Arceo, C. H., Gutiérrez-Blanco, E., Morales-Puerto, F., Gutiérrez-Ruiz, E. J., Aranda-Cirerol, F. J., Montes de Oca-Jiménez, R., Manrique-Saide, P.C., Rosado-Aguilar, J.A., Puerto-Nájera, J. L. 2012. Prevalencia y lesiones cutáneas de *Ctenocephalides felis* y *Ctenocephalides canis* en perros del estado de Yucatán, México. *Bioagrobiencias* 5(1):15-19.
- Ceballos, G. y Arroyo-Cabrales, J. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México 2012. *Rev. Mex. Mastozool. Nueva época* 2(1):27-80.
- Chávez-León, G. 2017. Procedimientos de campo para estimar la abundancia, daños e identificar tuzas en plantaciones de hule. Folleto técnico Numero 22. Cenid. Comef, INIFAP. Coyoacán, Ciudad de México. México.

- CONANP. 2013. Área de protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca. 1ª. Ed. SEMARNAT. México.
- Córdoba, T. 2018. Diversidad de roedores y sus parásitos en zonas áridas de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.
- Clutton-Brock, H. 1991. The evolution of parental care. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Crouch, W. E. 1933. Pocket gopher control. US Department of Agriculture. Farmers' Bulletin No. 1709. Washington, D.C. 1-10 pp.
- Davis, W. B. y Schmidly, D. J. 1994. The mammals of Texas. Texas Parks and Wildlife Press. Austin, TX, USA.
- Delgado, R. 1990. Construcción de túneles y ciclo reproductivo de la taltuza *Orthogeomys cherriei* (Allen) (Rodentia: Geomyidae). Revista de Biología Tropical. 38(1), 119-127.
- Desmond, M. y Montoya J. A. 2006. Status and distribution of Chihuahuan Desert grasslands in the United States and Mexico. USDA Forest Service Proceedings. RMRS. 40:17- 25.
- Deverá, R y Campos F. 1998. Dipilidiasis humana. Revista Biomédica. 9 (1):44-45.
- Díaz, J. C. L., Vota, A. M. A., González, J. M. S., Valdés, A. A., Hernández, L. R., Pérez, E. V., Andujo, A. R. 2011. Rentabilidad del nogal pecanero bajo sistemas de producción de mediana tecnología en Delicias, Chihuahua. Revista Mexicana de Agronegocios. 29:720-732.
- Dobbler y Pfeffer. 2011. Fleas as parasites of the family Canidae. Parasites & Vectors. July 4 (1, article 139):139.
- Ebert, D. y Herre E.A. 1996. The evolution of parasitic diseases. Parasitology Today 12:96–101.
- Ecke, D. H y Johnson, C. W. 1950. Sylvatic plague in park county, Colorado. Tr North Am. Wildlife conference. 15: 191-197.
- Eckerlin, R. P., 2005. Fleas (Siphonaptera) of the Yucatán Peninsula (Campeche, Quintana Roo, and Yucatán), Mexico. Caribbean Journal of Science. 41:152-157.
- Ettinger, S. J. y Feldman, E. C. 2005. Textbook of Veterinary Internal Medicine. 6th ed. St. Louis, Missouri, USA. Elsevier-Saunders.
- Fagerlund, R. A., P. L. Ford, P. J. J. Polechla. 2001. New records for fleas (Siphonaptera) from New Mexico with notes on plague-carrying species. South western Naturalist. 46(1):94-133.

- Falcón-Ordaz, J., Acosta R, Fernández J. A., Lira-Guerrero G. 2012. Helminths and siphonapterans parasites of five species of rodents in localities of the Eastern Cuenca, in the Center of Mexico. *Acta Zool. Mex.* 28:287–304.
- Ford, P. L., R. A. Fagerlund, D. W. Duszynski, P. J. Polechla. 2004. Fleas and lice of mammals in New Mexico. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-123. Fort Collins, CO. U.S. Department of Agriculture. Rocky Mountain Research Station. USA.
- Fritz, R. and H. Pratt. 1947. Fleas: pictorial key to species found on domestic rats in southern United States. U.S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Communicable Disease Center. Atlanta, GA.
- Galloway, T. D. 2018. Siphonaptera of Canada. *Zoo Keys.* 819:455-462.
- García, L. y Suárez Y. 2010. Caracterización y control de especies de pulgas de importancia veterinaria para la salud animal y pública. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 11, núm. 6, junio, pp. 1-18. Málaga, España.
- Gatica-Colima. 2019. Inventario multitaxonómico del ANP médanos de Samalayuca (PJ018). Reporte final. CONANP/CONABIO/UACJ. Cd. Juárez, México.
- Girard, I., Swallow, J. G, Carter P. A, Koteja, P., Rhodes, J. S., Garland, T Jr. 2002. Maternal-care behavior and life-history traits in house mice (*Mus domesticus*) artificially selected for high voluntary wheel-running activity. *Behav Process* 57:37–50.
- Gorrell, J. C. y Schulte-Hostedde A. I. 2008. Patterns of parasitism and body size in red squirrels (*Tamiasciurus hudsonicus*). *Canadian Journal of Zoology.* 86:99–107.
- Guimarães, J. H., E. C. Tucci, D. M. Barros-Battesti. 2000. Ectoparasitos de importância veterinária. Editora Plêiade/FAPESP, São Paulo, Brasil.
- Hafner, D. J., R. Timm, T. Lacher. 2008. *Geomys arenarius*, Desert Pocket Gopher. The IUCN Red List of Threatened Species. ISSN 2307-8235 (online).
- Harwood, R, James M. 1987. Entomología médica y veterinaria. México. Noriega Eds. 615 p.
- Hawlana, H., Abramsky, Z., y Krasnov, B.R. 2007. “Ultimate Mechanisms of Age-Biased Flea Parasitism,” *Oecologia* 154, 601–609.
- Hernández, C. F. 2019. Detección de ectoparasitos y patógenos rickettsiales en *canis latrans* en el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua. Tesis de

maestría. Departamento de Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, México.

- Hernández-Urbina, C. F., C. Vital-García, A. M. Escárcega-Ávila, A. Gatica-Colima, M. P. Sánchez-Olivas, F. Clemente-Sánchez. 2020. First report of Siphonaptera parasites in *Canis latrans* in the Flora and Fauna Protection Area, Médanos de Samalayuca Chihuahua, Mexico. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports* 20:100379.
- Holland, G. P. 1979. Siphonaptera. In: H. V. Danks, editor. *Canada and its insect fauna*. Mem. Entomol. Soc. Can. 108:424–426.
- Hopkins, G. H., M. Rothschild M. 1962. An illustrated catalogue of Rothschild collection of fleas (Siphonaptera) in the British Museum (Natural History). Vol. III *Histicopsyllidae*. British Museum (NH), London.
- Hopkins, G. H., M. Rothschild. 1953. An illustrated catalogue of Rothschild collection of fleas (Siphonaptera) in the British Museum (Natural History). Vol. I. *Tungidae* and *Pulicidae*. British Museum (NH), London.
- Hopkins, G. H., M. Rothschild. 1956. An illustrated catalogue of Rothschild collection of fleas (Siphonaptera) in the British Museum (Natural History). Vol. II. *Cotopsyllidae*, *Vermipsyllidae*, *Stephanocircidae*, *Ischnopsyllidae*, *Hypsophthalmidae* and *Xiphiopsyllidae*. British Museum (NH), London.
- Huntly, N., R. Inouye. 1988. Pocket gophers in ecosystems: patterns and mechanisms. *BioScience*, 38(11):786-793.
- Johnson, P. T. 1957. A classification of Siphonaptera of South America. *Mem. Entomol. Soc. Wash.* 5:1-299.
- Kerley, G., W. Whitford, F. Kay. 2003. Effects of pocket gophers on deserts soils and vegetation. *Journal of Arid. Environment*. 58:155-166.
- Khokhlova, I. S., Serobyán, V., Degen, A.A., y Krasnov, B.R. 2011. “Discrimination of Host Sex by a Haematophagous Ectoparasite,” *Animal Behaviour* 81, 275–281.
- Kiffner, C., Stanko, M., Morand S, Khokhlova, I. S., Shenbrot, G. I., Laudisoit, A., Leirs, H., Hawlena, H., Krasnov, B. R. 2014. Variable effects of host characteristics on species richness of flea infracommunities in rodents from three continents. *Parasitology Research*. 113:2777–1788.

- Kowalski, K., Bogdziewicz M, Eichert U, Rychlik L. 2015. Sex differences in flea infections among rodent hosts: is there a male bias? *Parasitology Research*. 114:337–341.
- Krasnov, B. R. 2008. *Functional and evolutionary ecology of fleas: a model for ecological parasitology*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Krasnov, B. R., Shenbrot, G. I., Medvedev, S. G., Vatschenok, V.S., Khokholova, I. S. 1997. Host-habitat relations as an important determinant of spatial distribution of flea assemblages (Siphonaptera) on rodents in the Negev Desert. *Parasitology Research*. 114: 159 -173.
- Krasnov, B. R., Khokhlova I.S., Oguzoglu I., Burdelova N. V. 2002. Host discrimination by two desert fleas using an odour cue. *The Association for the Study of Animal Behaviour*. 64, 33–40.
- Krasnov, B. R, Morand S, Hawlena H, Khokhlova IS, Shenbrot GI. 2005. Sex-biased parasitism, seasonality, and sexual size dimorphism in desert rodents. *Oecologia* 146:209–2017.
- Laycock, W. A. y Richardson, B. Z. 1975. Long-term effects of pocket gopher control on vegetation and soils of a subalpine grassland. *Rangeland Ecology & Management/ Journal of Range Management*. 28(6):458-462.
- Lessa, E., C. Thaeler. 1989. A reassessment of morphological specializations for digging in pocket Gopher. *Journal of Mammalogy*. 70(4):689-700.
- Lewis, R. E. 1993. Notes on the geographical distribution and host preferences in the order Siphonaptera. Part 8. New taxa described between 1984 and 1990, with a current classification on the order. *Entomol. Soc. Am.* 30:239-256.
- Lewis, R. E. 1998. Resumé of Siphonaptera (Insecta) of the world. *Journal of Medical Entomology*. 35:377-389.
- Lewis, R. E. 2003. A review of the North American flea genus *Spicata* I Fox, 1940 (Siphonaptera: Ceratophyllidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. 105: 876-882.
- Lewis, R. E. y Lewis, J. H. 1985. Notes on the geographical distribution and host preferences in the order Siphonaptera. *Journal of Medical Entomology*. 22:134-152.
- Lewis, R. E y Wilson, N. 2006. A review of the ceratophyllid subfamily Dactylopsyllinae. Part 2. *Dactylopsylla* JORDAN, 1929, and *Foxella* WAGNER, 1929 (Siphonaptera: Ceratophyllidae) December. Vol. 75, number 4, Pp 203-239.

- Linardi, P. M., L. R. Guimarães. 2000. Sifonápteros do Brasil. Museu de zoologia, São Paulo.
- Linardi, P. M., V. de Paulo-Teixeira, J. R. Botelho, L. S. Ribeiro. 1987. Ectoparásitos de roedores em ambientes silvestres do município do Juiz de Fora; Minas Gerais. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 82(1):137-139.
- López-Pérez, A. M., K. Gage, A. V. Rubio, J. Montenieri, L. Orozco, G. Suzan. 2017. Drivers of flea (Siphonaptera) community structure in sympatric wild carnivores in northwestern Mexico. Journal of Vector Ecology. 43(1):15-25.
- Marsh, R. E. 1998. One hundred years of pocket gopher traps and trapping. Proceedings 18th Vertebrate Pest Conference, ed. R.O. Baker & A.C. Crabb. Published at University of California, Davis.
- Marshall, A. 1981. The Ecology of Ectoparasitic Insects. Academic Press. London.
- Martin, M. P. 1994. Manual de recolección y preparación de ectoparásitos: malófagos, anopluros, sifonápteros y ácaros. Manuales técnicos de museología No. 3. Ed. CSIC- CSIC Press. Madrid.
- Mauk, C. L., M. A. Houck, R. D. Bradley. 1999. Morphometric analysis of seven species of pocket gophers (*Geomys*). Journal of Mammalogy. 80(2):499-511.
- Medvedev, S. G. 1982. Peculiarities of antennal structure in Fleas (Siphonaptera) and their use in systematics. Entomological Review. 61:170-184.
- Medvedev, S. G. 1983. Peculiarities of antennal structure in Fleas (Siphonaptera) and their use in systematics. Entomological Review. 62:138-149.
- Medvedev, S. G. 2001. An attempt to create a database of the morphology of fleas (Siphonaptera). Entomological Review. 81:511-519.
- Medvedev, S. G. 2003. Morphological adaptations of fleas (Siphonaptera) to parasitism. II. Entomological Review. 83:1114-1129.
- Medvedev, S. G. 2017. Adaptations of Fleas (Siphonaptera) to Parasitism. Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, 199034 Russia. Entomological Review. Vol. 97, No. 8, pp. 1023–1030.
- Medvedev, S. G., Sedikhin N. V y Krasnov B. R. 2020. Intraspecific variation of body size in fleas: effects of host sex and flea phenology. Parasitology Research. September. 119:3211–3220.

- Medvedev, S. G y Krasnov B. R. 2006. Fleas: permanent satellites of small mammals. In: S. Morand, B. Krasnov, R. Poulin, editors. *Micromammals and macroparasites. From evolutionary ecology to management*. Springer. Tokyo. p. 161-177.
- Mielke, H. W. 1977. Mound building by pocket gophers (Geomyidae): their impact on soils and vegetation in North America. *Journal of Biogeography*. 4:171-180.
- Mikheev, V. N., Pasternak, A. F. & Valtonen, E. T. 2004. Tuning host specificity during the ontogeny of a fish ectoparasite: behavioural responses to host-induced cues. *Parasitology Research*, 92, 220-224.
- Miller, M. A. 1952. Size characteristics of the sacramento valley pocket gopher (*Thomomys bottae navus Merriam*) *Journal of Mammalogy*. 33(4). 442-456.
- Monge, J. 2010. Distribución geográfica, características y clave taxonómica de las taltuzas (*Orthogeomys* spp., Rodentia: Geomyidae) en Costa Rica. Cuadernos de Investigación UNED (Edición en Línea, ISSN: 1659-441X) Junio, Vol. 2(1):23-31.
- Monge, J. 2013. Plagas vertebradas del cultivo de cebolla. Problemas fitosanitarios de la cebolla en Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. Costa Rica. 20-26pp.
- Monge, J. y Sánchez C. 2018. Composición de la comunidad, estructura poblacional y condición reproductiva de roedores en una granja avícola de Costa Rica. Cuadernos de Investigación UNED (ISSN digital: 1659-441X) Vol. 10(2): 397-403.
- Morrone, J. y Gutiérrez, A. 2005. Do fleas (Insecta: Siphonaptera) parallel their mammal host diversification in the Mexican transition zone? *Journal of Biogeography* 32: 1315-1325.
- Nziza, J., Tumushime J.C, Cranfield M., Ntwari A. E, Modry, D, Mudkikwa A, Gilardi, K. Šlapeta J. 2019. Fleas from domestic dogs and rodents in Rwanda carry *Rickettsia asembonensis* and *Bartonella tribocorum*. *Medical and Veterinary Entomology*. 33:177-184.
- Organización Panamericana de la Salud. 1964. Pulgas de importancia en la Salud Pública y su Control. Publicaciones Científicas N° 108. Washington, D.C. Estados Unidos.
- Orona-Castillo I., J. J. Espinoza-Arellano, G. González-Cervantes, B. Murillo-Amador, J. L. García Hernández, C. J. Santamaría. 2006. Aspectos técnicos y socioeconómicos de la producción de nuez (*Carya illinoensis* Koch.) en la Comarca Lagunera, México. *Agric. Téc. Mex.* 32(3):295-301.

- Patton, J. L. 2005. Family Geomyidae. In D. E. Wilson, D. M. Reeder, editors. Mammals species of the world. A taxonomic and geographic reference. Vol. 2. The Johns Hopkins University, EEUU. p. 859-870.
- Pigage, H.K., Pigage, J. C., Tillman, J. F. 2005. Fleas associated with the northern pocket gopher (*Thomomys talpoides*) in Elbert County, Colorado. Western North American Naturalist.65(2): article 9.
- Pipas, M. J, Matschke, G. H, & McCann, G. R. (2000). Evaluation of the efficiency of three types of traps for capturing pocket gophers. Proceedings of the Vertebrate Pest Conference, 19.
- Ponce, H. E. 1991. Sifonapterofauna (Arthropoda; Insecta) asociada a roedores en el bosque mesófilo de montaña de la Sierra de Juárez, Oaxaca: Una interpretación biogeográfica. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Ponce, H., J. Llorente. 1996. Siphonaptera. In: J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete, E. González-Soriano, editores. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis del conocimiento. Universidad Nacional Autónoma de México. México. p. 553-565.
- Prince, F. M. 1943. Species of fleas on rats Collected in States West of the 102 Meridian and their relation to the dissemination of plague. Public Health reports. 58(18):700-708.
- Prince, F. M y Stark, H. E. 1951. Four new fleas of the genus *Dactylopsylla* Jordan, 1929 (Siphonaptera). Pan-Pacific Entomologist, 27: 128-139.
- Pugh, R. 1987. Effects on the development of *Dipylidium caninum* and on the host reaction to this parasite in the adult flea (*Ctenocephalides felis felis*). Parasitology Research. 73:171-177.
- Quijada, J., M. Forlano, A. Bethencourt, D. Gahón, D. González, I. Vivas. 2013. Ectoparásitos (Acari: Ixodidae y Siphonaptera: Ctenocephalidae) en caninos bajo asistencia veterinaria en un hospital veterinario universitario de Venezuela. Revista Científica. 23(2):105-110.
- Rodríguez-Vivas, R. I., J. L. Domínguez-Alpizar. 1998. Grupos entomológicos de importancia en Yucatán, México. Revista Biomedica. Universidad Autónoma de Yucatán. 9:26-37.
- Rosas-Espinoza, Verónica Carolina, García-Mata, Erika Suguey Santiago-Pérez, Ana Luisa y Villarreal-Méndez José. 2014. Herpetofauna asociada a madrigueras de la tuza *Pappogeomys bulleri* en el bosque templado de sierra de Quila, Jalisco. Revista Mexicana de Biodiversidad, 85(1), 328-331.

- Rothschild, M., B. Ford. 1964. Breeding of the rabbit flea *Spilopsyllus cuniculi* (Dale) controlled by the reproductive hormones of the host. *Nature*. 201:103-104.
- Russell, R. J. 1968. Evolution and classification of the pocket gophers of the subfamily Geomyinae. University of Kansas Publications, Museum of Natural History. 16:475-579.
- Salceda-Sánchez, B. 2004. Clave para la identificación de adultos de las especies de pulgas (Insecta: Siphonaptera) comunes y de mayor importancia médica en México. *Folia Entomológica Mexicana* 43:27-41
- Salceda-Sánchez, B. y Hastriter M. W. 2006. A list of the fleas (Siphonaptera) of Mexico with new host and distribution records. *Zootaxa* 1296:29-43.
- Sánchez, J. 2012. Sifonápteros parásitos de los roedores sigmodontinos de la Patagonia Norte de la Argentina: estudios sistemáticos y ecológicos. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
- Schmidt, R. H. J. 1979. A climatic delination of the “real” Chihuahuan desert. *Journal of Arid Environments*. 2:243-250.
- Schwenke, Z. J. 2010. Distribution and genetic structure of pocket gophers (Genus *Geomys*) in Kansas. Master's theses. Fort Hays State University. USA.
- Sikes, R. S., W. L. Gannon. 2011. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research. *J. Mammal*. 92(1):235-253.
- Smit, F.G.A.M. 1972. “On Some Adaptive Structures in Siphonaptera,” *Folia Parasitologica (Prague)* 19, 5–17.
- Smit, F. G. A. M. 1982. Siphonaptera. In S.P. Parker, editor. *Synopsis and Classification of Living Organisms*, vol. 2. McGraw-Hill, New York. p. 557-563.
- Smith, F. G. A. M. 1987. An illustrated catalogue of the Rothschild Collection of fleas (Siphonaptera) in the British Museum (Nat. Hist.). Volume VII Malacopsylloidea. Oxford University Press. Oxford.
- Snodgrass, R. E. 1937. The male genitalia of Orthopterid insects. *Smithson. Misc. Contrib.* 96:1-107.
- Snodgrass, R. E. 1946. The skeletal anatomy of fleas (Siphonaptera). *Smithson. Misc. Contrib.* 104:1-89.
- Soulsby, E. J. L. 1982. *Helminths, arthropods and protozoa of domesticated animals*. 7th ed. Lea & Febiger. Philadelphia.

- Spradling, T. A., S. V. Brant, M. S. Hafner, C. J. Dickerson. 2004. DNA data support a rapid radiation of pocket gopher genera (Rodentia: Geomyidae). *J. Mamm. Evol.* 11(2):105-125.
- St. Juliana, J.R., Khokhlova, I.S., Wielebnowski, N., Kotler, B.P., Krasnov, B.R., 2014. Ectoparasitism and stress hormones: strategy of host exploitation, common host-parasite history and energetics matter. *J Anim Ecol*, 83, 1113-1123.
- Teipner, C. L. 1983. Pocket gophers in forest ecosystems (Vol. 154). Intermountain Forest and Range Experimental Station, Forest Service, USDA. USA 10-11pp.
- Torres-Castro, M. A. 2017. ¿Son los roedores sinantrópicos una amenaza publica en Yucatán? *Revista Biomedica. Universidad Autonoma de Yucatan.* 28(3):183-190.
- Traub, R. 1950. Siphonaptera of Central America and Mexico. A morphological study of aedeagus with descriptions of new genera and species. *Fieldiana, Zoology.* 1:1-127.
- Traub, R. 1985. Coevolution of fleas and mammals. In: K. C. Kim, editor. *Coevolution of parasitic arthropods and mammals.* Wiley-Inter-Science. New York. p. 295-437.
- Trujano-Álvarez, A. L., S. T. Álvarez-Castañeda. 2003. Los roedores de Sinaloa. In: J. L. Cifuentes Lemus, J. Gaxiola López, editores. *Atlas de la Biodiversidad de Sinaloa.* Colegio de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México. p. 407-414.
- Villa B., y Valencia J. 1991. Actividad reproductiva de la tuza *Papogeomys merriami merriami* (Rodentia: Geomyidae) de Chalco, México. *Anales Instituto Biológico. UNAM Ser. Zool* 62(2): 235-247.
- Villalobos-Cuevas, V. A., Weber M, Lareschi, M., Acosta R. 2016. Pulgas parásitas de mamíferos pequeños y medianos de Calakmul, Campeche, México y nuevos registros de localidades. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* 87:1372–1378.
- Wall, R., D. Shearer. 2001. *Veterinary ectoparasites: biology, pathology & control.* 2nd ed. Blackwell Science. Iowa, US.
- Watts, A. G. y Shelley, M. A. 2012. Community Variation of Gastrointestinal Parasites Found in Urban and Rural Coyotes (*Canis latrans*) of Calgary, Alberta, Cities and the Environment (CATE): Vol. 4: Iss. 1, Article 11. Available at: <http://digitalcommons.lmu.edu/cate/vol4/iss1/11> WILLIAM H, Jones A. *Parasitic worms of fish,* Taylor & Francis, Londres (1994).

- Wayson, N. E. 1947. Plague-field surveys in western United States during 10 years (1936-45). *Pub. Health Rep.* 62: 780-791.
- Whitaker, J. O y Morales-Malacara, J. B. 2005. Ectoparasites and other associates (Ectodytes) of mammals of Mexico. In B. Villa, V. Sánchez-Cordero, R. Medellín, editores. *Contribuciones mastozoológicas en homenaje a Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, CONABIO. México.* p. 535-666.
- Whitaker, J. O., W. J. Wren, R. E. Lewis. 1993. Parasites. In: H. H. Genoways, J. H. Brown, editors. *Biology of the Heteromyidae. Special Publication. N. 10. The American Society of Mammalogists. USA.* p. 386-478
- Whitford, W. G., B. T. Bestelmeyer. 2006. Structure and function of Chihuahuan Desert ecosystem. In: K. Havstad, L. F. Huenneke, W. H. Schlesinger, editors. *The Jornada Basin Long-Term Ecological Research Site. Publishing Co. Oxford University. E.U.A.*
- Whiting, M. F., A. S. Whiting, M. W. Hastriter, K. Dittmar. 2008. A molecular phylogeny of fleas (Insecta: Siphonaptera): Origins and host associations. *Cladistics* 24:677-707.
- Williams, S. L., R. J. Baker. 1974. *Geomys arenarius*. *Mamm. Species.* 36:1-3.
- Witmer, G., R. Marsh, G. Matschke. 1999. Trapping considerations for the fossorial pocket gopher. *USDA. National Wildlife Research Center – Staff Publications. USA.*