

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE ZOOTECNIA Y ECOLOGÍA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



**DIVERSIDAD DE ROEDORES Y SUS PARÁSITOS EN ZONAS
ÁRIDAS DE MÉXICO**

POR:

I.E. TANHIA ALEJANDRA CÓRDOBA FIERRO

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS**



Diversidad de Roedores y sus Parásitos en Zonas Áridas de México. Tesis presentada por Tanhia Alejandra Córdoba Fierro como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias, ha sido aprobada y aceptada por:

Ph. D. Carlos Ortega Ochoa
Director de la Facultad de Zootecnia y Ecología

Ph. D. Felipe Alonso Rodríguez Almeida
Encargado del Despacho de la Secretaría de Investigación y Posgrado

D. Ph. Agustín Corra Luna
Coordinador Académico

Ph. D. Jesús Abraham Fernández Fernández
Presidente

3 Julio 2018

Fecha

Comité:

Ph. D. Jesús Abraham Fernández Fernández

Ph. D. Alicia Melgoza Castillo

Ph. D. Felipe Alonso Rodríguez Almeida

Ph. D. Roxana Acosta Gutiérrez

© Derechos Reservados
TANHIA ALEJANDRA CÓRDOBA
FIERRO
DIRECCIÓN: PERIFÉRICO FRANCISCO
R. ALMADA KM. 1, CHIHUAHUA,
CHIH., MÉXICO C.P. 31453

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Facultad de Zootecnia y Ecología así como a la Universidad Autónoma de Chihuahua por permitirme continuar con la siguiente etapa de mi preparación académica.

A mi asesor Jesús A. Fernández por el esfuerzo para llevar a cabo esta investigación. A mis compañeros y amigos de maestría Edith Trevizo Hernández, Erik Arguelles Quintana, Cristina Gómez Valenzuela, Adriana Rosales Moreno, Abilene Trevizo Hernandez y en especial a Manuel Alejandro Quintana Chávez por brindarme siempre su apoyo y tiempo, sin él no hubiera podido terminar este proyecto, a la Dra. Alicia Melgoza Castillo quien ha sido un gran ejemplo no solo profesionalmente sino también como persona dándome ánimos desde la licenciatura y a la Dra. Roxana Acosta Gutiérrez por brindar sus conocimientos para la identificación de ectoparásitos.

Agradezco el apoyo financiero al proyecto “Diversidad de especies de Siphonaptera y sus huéspedes (Roedores) con un enfoque sistemático y biogeográfico en la zona de transición del Eje Neovolcánico Transversal y el Altiplano Mexicano”, PAPIIT IN214012 y IN203716 UNAM, gestionado y administrado por Roxana Acosta, Jesús A. Fernández y Juan J. Morrone.

A mi madre, familia y amigos por su apoyo incondicional durante esta etapa de mi crecimiento profesional.

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedicó a Alma Angelina Córdoba Fierro. Sin ella no hubiera sido posible estudiar una maestría. En todo momento me ha ayudado a ser una mejor persona y no me ha dejado claudicar por más difícil que sea la situación, espero algún día poder ser como tu. Gracias por ser mi madre y por amarme tanto.

A mi familia, por aguantar mis momentos de estrés y estar a mi lado en todo momento.

A mis amigos, por todas las alegrías que me dan y por ser tan importantes en mi vida. En especial a Luis Enrique Castillo Cuevas y Karina Herrera Fernández.

CURRICULUM VITAE

La autora nació el 20 de noviembre de 1989 en la Ciudad de Hidalgo del Parral, Chihuahua, México.

- | | |
|------------|--|
| 2007-2011 | Estudios de Licenciatura en la Facultad de Zootecnia y Ecología, Cd. de Chihuahua, Chih |
| 2011-2015 | Técnico operativo en la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), con participación en monitoreo de Fauna. |
| 2015- 2017 | Estudiante graduado de la Maestría en Recursos Naturales en la Facultad de Zootecnia y Ecología en la Universidad Autónoma de Chihuahua. |

RESUMEN

DIVERSIDAD DE ROEDORES Y SUS PARÁSITOS EN ZONAS ÁRIDAS DE MÉXICO

POR:

I. E. TANHIA ALEJANDRA CÓRDOBA FIERRO

Maestría en Ciencias en Producción Animal y Recursos Naturales

Secretaría de Investigación y Posgrado

Facultad de Zootecnia y Ecología

Universidad Autónoma de Chihuahua

Presidente: Ph. D. Jesús Abraham Fernández Fernández

Se muestrearon dos municipios del estado de Chihuahua (Jiménez y Aldama) y dos en el estado de Durango (Hidalgo y Tlahualilo), en ecosistemas semi desérticos y desérticos. El objetivo fue conocer la diversidad de especies de los órdenes Rodentia y Siphonaptera en los cuatro ecosistemas a través de la determinación taxonómica de los ejemplares capturados y colectados. Se calcularon índices de biodiversidad como riqueza, abundancia relativa, Simpson, Shannon y Jaccard. Para los roedores, la especie dominante fue *Dipodomys merriami* que representó 76, 23, 40 y 29 % de la composición total de roedores en Aldama, Jiménez, Tlahualillo y La Zarca, respectivamente. La zona con el valor más alto, de acuerdo al índice de Shannon, fue Jiménez. Cuenta con una diversidad de regular a alta, con un valor de 2.13. Aldama fue el más bajo con 0.91. Se identificaron cuatro familias y 16 especies de ectoparásitos de un total de 763 individuos siendo la más abundante *Meringis altipecten* en Aldama, Jiménez y La Zarca con 68, 55 y 59 %. Mientras que en

Tlahualillo *Orchopeas leucopus* fue la más abundante con 41 %. Los valores de riqueza para Shannon van del más alto 1.64, en Tlahualilo, el más bajo 0,54, en Aldama. Los sitios con mayor número de especies vegetales mostraron más especies de roedores con las pulgas se puede inferir que el tipo de vegetación no influye en la riqueza de estas debido a que Tlahualilo mostro mayor riqueza.

ABSTRACT

DIVERSITY OF RODENTS AND THEIR PARASITES IN ARID ZONES OF MÉXICO

BY:

TANHIA ALEJANDRA CÓRDOBA FIERRO

Two municipalities and two localities in the state of Chihuahua (Jimenez and Aldama) and in the state of Durango (Hidalgo y Tlahualillo) were sampled, in semi desert and desert ecosystems, characterized by a high incidence of wild rodents. This study aims to understand the species diversity of the orders Rodentia and Siphonaptera in the four ecosystems through the taxonomic identification of the captured specimens and the calculation of biodiversity indexes like richness, relative abundance, Simpson, Shannon and Jaccard indexes. For rodents, the dominant species in the four sites was Merriam's kangaroo rat (*Dipodomys merriami*) with 76, 22, 40 and 28 % of the total rodent individuals in Aldama, Jimenez, Tlahualillo and Zarca respectively. Areas with the higher values of the Shannon index like Jimenez, reveals that the site has a regular to high diversity with a value of 2.13 being 5 the maximum value for this index, Aldama was the lowest in diversity with 0.9078. The sites with the highest percentage of bare soil like Aldama and Tlahualillo had less rodent species. For the ectoparasites, 763 individuals were identified, this represents 4 families and 16 species, *Meringis altipecten* was identified as the most abundant in Aldama, Jiménez and La Zarca with 68, 55 and 59 % respectively. Only in Tlahualillo *Orchopeas leucopus* is the most abundant with 41%. The values of wealth for Shannon go from the highest 1.64, in Tlahualillo, the lowest 0.54, in Aldama. The

sites with the highest number of plant species showed more species of rodents with fleas, it can be inferred that the type of vegetation does not influence the richness of these because Tlahualilo showed greater richness.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE GRÁFICAS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA... ..	4
Diversidad e Importancia Ecológica de los Roedores.....	4
Parásitos.....	6
Siphonaptera (Pulgas).....	7
Ecosistemas Desérticos.....	9
Que es la Diversidad Biológica.....	11
Estudios de Diversidad.....	12
Análisis de Datos.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
Localización del Área de Estudio.....	15
Vegetación y Suelo.....	15
Técnicas de Muestreo.....	18
Caracterización de la vegetación.....	18
Recolecta e identificación de roedores.....	20
Recoleccion de ectoparásitos.....	21

Análisis Estadístico.....	22
Riqueza específica.....	22
Índice de Simpson.....	22
Índice de Shannon.....	23
Índice de prevalencia.....	23
Índice de Jaccard.....	23
Frecuencia.....	24
Composición botánica.....	24
Curvas de rarefacción.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
Índices de Diversidad en (Rodentia) Roedores.....	25
Índice de Similitud de Jaccard en (Rodentia) Roedores.....	29
Caracterización de los Sitios.....	33
Vegetación y Abundancia de Rodentia por Localidad.....	36
Índices de Diversidad de Siphonaptera (pulgas).....	38
Índice de Similitud de Jaccard para Siphonaptera (Pulgas).....	49
Diversidad de Siphonaptera (pulgas) y Rodentia (roedores).....	49
Prevalencia de Parásitos.....	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
LITERATURA CITADA.....	62
APÉNDICE.....	72
Apéndice 1.....	73

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Ubicación de los sitios de estudio en los estados de Chihuahua y Durango, México.....	16
2	Especies en las dos localidades de Chihuahua y resumen de (S) número de individuos, (Pi) abundancia relativa, (Sim) Índice de Simpson e (Shn) Índice de Shannon.....	27
3	Especies en las dos localidades de Durango y resumen de (S) número de individuos, (Pi) abundancia relativa, (Sim) Índice de Simpson e (Shn) Índice de Shannon.....	28
4	Comparación de valores de similitud de diversidad de roedores obtenidos con el índice de Jaccard para las cuatro localidades de estudio en Chihuahua y Durango, México.....	34
5	Lista de especies de Sifonápteros en las dos localidades en Chihuahua, México, donde (S) número de individuos, (Pi) abundancia relativa, (Sim) Índice de Simpson e (Shn) Índice de Shannon fueron calculados por localidad.....	45
6	Lista de especies de Sifonápteros en dos localidades en Durango, México, donde (S) número de individuos, (Pi) abundancia relativa, (Sim) Índice de Simpson e (Shn) Índice de Shannon fueron calculados por localidad.....	46
7	Comparación de valores de similitud (%) obtenidos con el índice de Jaccard para Siphonaptera (pulgas) en cuatro localidades de Chihuahua y Durango, México.....	50
8	Especies de roedores parasitados por especies de pulgas y el porcentaje (%) de prevalencia en Chihuahua, México. La prevalencia se estima con el número total de la especie hospedera (roedor) entre el IPP (Individuos parasitados) con una o más especies de pulgas.....	56
9	Especies de roedores parasitados por especies de pulgas y el porcentaje (%) de prevalencia en Durango, México. La prevalencia se estima con el número total de la especie hospedera (roedor) entre el IPP (Individuos parasitados) con una o más especies de pulgas.....	57

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica	Página	
1	Número total de individuos de roedores atrapados y número total de especies identificadas en las cuatro localidades con vegetación de matorral y pastizal de Chihuahua y Durango, México.	26
2	Comparación de la riqueza de especies de roedores por sitio mediante curvas de rarefacción. En los cuatro sitios de estudio en los estados de Chihuahua y Durango, México. Las líneas punteadas representan el \pm de los valores con intervalos de confianza del 95 %, generados por medio de 1000 repeticiones.	30
3	Comparación de la dominancia de especies de roedores por sitio mediante curvas de rarefacción. En los cuatro sitios de estudio en los estados de Chihuahua y Durango, México. Las líneas punteadas representan \pm de los valores con intervalos de confianza del 95 %, generados por medio de 1000 repeticiones	31
4	Análisis de índice Shannon para roedores por curvas de rarefacción de las cuatro localidades de Chihuahua y Durango, México.....	32
5	Número de taxones de flora y porcentaje de suelo desnudo en ecosistemas de matorral y pastizal en los estados de Chihuahua y Durango, México.....	35
6	Comparación de diversidad de especies de plantas y roedores en los cuatro sitios de estudio de Chihuahua y Durango, México. Total Ind = roedores capturados por sitio, ER = especies de roedores registradas, EP = especies de plantas determinadas en los sitios, % SD = porcentaje de Suelo desnudo en los sitios de estudio.....	37
7	Total de individuos parasitados por especie de roedores y número de especies de pulgas asociadas.....	40
8	Análisis del índice de Shannon para especies de pulgas en los sitios de muestreo de Chihuahua y Durango, México.....	44
9	Comparación de la riqueza de especies de pulgas por sitio mediante curvas de rarefacción. En los cuatro sitios de estudio en los estados de Chihuahua y Durango, México. Las líneas punteadas representan \pm de los valores con intervalos de confianza del 95 %, generados por medio de 1000 repeticiones. Comparación de la dominancia de especies de pulgas por sitio mediante curvas de rarefacción. En los cuatro sitios de	47

10	estudio en los estados de Chihuahua y Durango, México. Las líneas punteadas representan \pm de los valores con intervalos de confianza del 95 %, generados por medio de 1000 repeticiones.....	48
11	Número de roedores parasitados (RP) y total de pulgas recolectadas (TP) en los ecosistemas de matorral y pastizal en los estados de Chihuahua y Durango, México.....	51
12	Rango de abundancias de individuos de las especies de pulgas en las localidades de Chihuahua y Durango, México...	53
13	Número de pulgas hembras (H/pulgas) y machos (M/Pulgas) y total de roedores hembras (H/Roedor) y machos (M/roedores) en los cuatro sitios de muestreo en los estados de Chihuahua y Durango, México.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Mapa de la ubicación de los sitios de estudio en el estado de Chihuahua, México y la caracterización de la vegetación.....	17
2	Mapa de la ubicación de los sitios de estudio en el estado de Durango, México y la caracterización de la vegetación.....	19

INTRODUCCIÓN

México se sitúa en el cuarto lugar a nivel mundial en número de especies de mamíferos y segundo lugar en especies endémicas del mismo taxón. Los órdenes con el mayor número de especies son Rodentia (roedores) y Chiroptera (murciélagos) (Sánchez-Cordero *et al.*, 2014). Aunque aproximadamente el 10 % de la biodiversidad mundial se encuentra en la república mexicana (Martínez-Meyer *et al.*, 2014), aún faltan áreas geográficas y grupos taxonómicos por inventariar. Los esfuerzos desarrollados por instituciones gubernamentales, educativas y sociales para actualizar las listas de flora y fauna no han sido suficientes.

Los roedores debido a su diversidad y abundancia proveen importantes servicios ecológicos, estos son la base de la cadena trófica, al ser consumidos por múltiples depredadores; ser agentes dispersores de semillas y esporas de plantas y hongos; otro servicio de este grupo es que son reservorios de enfermedades y parásitos que regulan las poblaciones de vertebrados (Whitford y Bestelmeyer, 2006). En la clase Mammalia, algunos grupos de mamíferos son parasitados con más frecuencia que otros, como los micro mamíferos (Órdenes Marsupialia [tlacuaches], Chiroptera, Insectivora [musarañas] y Rodentia [ardillas, ratas, ratones [tuzas]), que son parasitados por al menos cuatro grupos taxonómicos de metazoarios: Céstodos y Tremátodos, Acantocéfalos, Nemátodos y Artrópodos (Morand *et al.*, 2006). Aun cuando los mamíferos cuentan con una gran incidencia de ectoparásitos como las pulgas (Insecta: Siphonaptera), aún se desconoce el total de la diversidad de estos últimos, a pesar de que constantemente se describen especies nuevas para la ciencia

(Beaucournu y Gallardo, 1991; Acosta y Fernández, 2009; Acosta, 2014; Pérez *et al.*, 2014).

Un aspecto poco estudiado es la diversidad en las asociaciones roedor-ectoparásito, no obstante, se reconoce que ambos taxones son esenciales para la salud de los ecosistemas. Los parásitos son importantes reguladores de poblaciones y comunidades animales, actuando como transmisores potenciales de enfermedades a sus hospederos, su abundancia puede generar una disminución notable en la actividad y adecuación del hospedero (Bazan-Leon *et al.*, 2013). Algunos organismos patógenos de importancia sanitaria (Bacterias y Rickettsias) son transmitidos por parásitos, entre los primeros están: *Yersinia pestis*, *Francisella tularensis* y especies de los géneros *Rickettsia* sp., *Bartonella* sp. y *Babesia* sp., entre otras, que pueden infectar aves, reptiles y mamíferos, e incluso a los seres humanos (Morand *et al.*, 2006; Hongkuan *et al.*, 2012; Quintero *et al.*, 2013; Bajer *et al.*, 2014). Es común que los parásitos sean considerados un factor negativo en términos ecológicos, económicos y de salud pública, por que únicamente son vistos como agentes infecciosos. Sin embargo, estos pueden utilizarse como modelos para obtener conocimiento de la biodiversidad, además de que son organismos modelo que contribuyen al planteamiento de hipótesis relacionadas con el estudio del comportamiento, distribución geográfica, evolución y coevolución (Bautista-Hernández *et al.*, 2013).

Este estudio tiene como objetivo conocer la diversidad de las órdenes Rodentia y Siphonaptera en cuatro ecosistemas semi desérticos y desérticos localizados en los estados de Chihuahua y Durango, México. Los tres objetivos

específicos son determinar taxonómicamente las especies de roedores y pulgas en las cuatro zonas de estudio; determinar las especies de pulgas por especie de roedor y evaluar qué especies presentan mayor abundancia así como riqueza de pulgas y roedores; finalmente, hacer la comparación de diversidad entre sitios y establecer el papel de la composición botánica en la diversidad de roedores.

REVISIÓN DE LITERATURA

La distribución geográfica de las especies es dinámica a través del tiempo evolutivo y ecológico. Estas modifican su distribución en respuesta a condiciones que estudia la biogeografía, como la deriva continental, el surgimiento de serranías, cambios en temperatura y precipitación, tipo de vegetación e interacciones, entre otras (Feldhamer *et al.*, 2007). Por lo tanto, los listados de diversidad y rangos de distribución de las especies necesitan ser actualizados constantemente (Chapman, 2009). Otros factores que influyen son los cambios en el hábitat generados por el ser humano, que perturban gran cantidad de áreas y provocan desplazamientos o extinciones de algunas especies (Brown, 1973). Los mamíferos son un componente relevante de los ecosistemas y son excelentes indicadores de perturbaciones antropogénicas debido a las fluctuaciones en sus poblaciones (Busch y Kravetz, 1992; Kelt, 2011).

Diversidad e Importancia Ecológica de los Roedores

El orden con el mayor número de especies de la clase Mammalia es Rodentia. Los roedores en general no pesan más de 5 kg y se denominan pequeños mamíferos o micro mamíferos. Normalmente son de hábitos nocturnos por lo que sus poblaciones no son fáciles de cuantificar. En Chihuahua se han reportado 133 especies de mamíferos que representan el 27.4 % del total de especies listadas para el país (López-González y García-Mendoza, 2012); y para Durango se tienen registradas 139 especies de mamíferos, que son el 28.3 % del total de especies en el país en su mayoría especies endémicas de roedores (García-Mendoza y López-González, 2013).

Los roedores desempeñan importantes funciones en los ecosistemas. Estos son componentes esenciales de la dieta de felinos como *Puma concolor*, *P. yagouaroundi*, *Panthera onca*, *Leopardus pardalis* y *L. wiedii*; de prociónidos como *Bassariscus astutus*, *Nasua narica* y *Procyon lotor*, y de cánidos como *Canis latrans* y *Urocyon cinereoargenteus* (Gómez-Ortiz *et al.*, 2015). Por ser un orden tan diverso también se han registrado en numerosos tipos de hábitats y con amplias formas adaptativas (Linares, 1998).

En las regiones áridas y semi áridas de Norteamérica, los roedores de la familia Heteromyidae son generalmente los más abundantes. Especies de rata canguro como *Dipodomys merriami*, *D. ordii*, y varias especies de ratones espinosos y ratones sedosos de los géneros *Chaetodipus* y *Perognathus* se encuentran principalmente en ecosistemas donde predominan especies de arbustos como *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua* y *Prosopis glandulosa*. Mientras que la especie de rata canguro *D. spectabilis* se encuentra ausente en este tipo de hábitat (Whitford y Bestelmeyer, 2006).

La cobertura y el tipo de vegetación promueven el establecimiento de algunas especies y margina a otras. El establecimiento de especies vegetales está relacionado con la presencia-ausencia de ratas canguro, ratones espinosos y otros taxones relacionados (M' Closkey y Fieldwick, 1975; Holbrook, 1978), e inclusive se ha documentado que pueden aumentar los niveles de nitrógeno al doble en los suelos donde establecen sus madrigueras (Gurney *et al.*, 2015). Algunos estudios indican que los roedores pueden cambiar los niveles de nutrientes en el suelo y afectar la estructura de las comunidades de vegetación, debido a sus hábitos excavadores, de herbivoría y

granivoría. También se ha reportado que pueden mover hasta 90 % de la producción de semillas anual de pastos y remover la vegetación un 32 % (Gurney *et al.*, 2015). A pesar de que los roedores son un grupo fundamental para la salud de los ecosistemas, aún se desconoce casi por completo la distribución de muchas especies o su estado de conservación (Fernández *et al.*, 2014).

Parásitos

Existen dos grupos de parásitos: los microparásitos y los macroparásitos. Los primeros llevan el prefijo (mikrós) del griego que significa “pequeño”, están representados por virus, bacterias y protozoos. El segundo grupo, con el prefijo (makro) del griego que significa “grande” corresponde a gusanos, pulgas, piojos y otros artrópodos. Este último grupo se divide en dos subgrupos (Morand *et al.*, 2006): los endoparásitos, que se encuentran en el interior del huésped, por ejemplo los helmintos (gusanos) que habitan en el tracto digestivo. El último grupo son los ectoparásitos (artrópodos), que se hallan en el exterior del hospedero, como pulgas, garrapatas, piojos, ácaros y moscas que viven sobre la piel, entre las escamas, plumas o pelaje del huésped.

El ciclo de vida de los parásitos es distinto para cada grupo, pero mientras que los primeros generalmente tienen una vida corta y un hospedero definitivo donde completan sus fases, los segundos (macroparásitos) no tienen un hospedero definitivo, de hecho, completan sus etapas de vida en diferentes huéspedes desde que son huevos, larvas o ninfas hasta convertirse en adultos (Roon, 2014). Además, tienen un papel ecológico clave, porque regulan las poblaciones animales en el mundo debido a su papel como vectores. Algunos

estudios destacan que aquellos animales que son sociales y que viven en comunidades tienden a presentar una mayor abundancia de parásitos y estar más expuestos a la transmisión de enfermedades que aquellos de hábitos solitarios (Freeland, 1979). La supervivencia de los parásitos no solo depende del alcance que tengan respecto a sus hospederos sino también de las características del mismo, como su comportamiento, distribución y hábitos. Otras variables que influyen en la diversidad de parásitos son las condiciones climáticas y ambientales de un ecosistema, por lo que es improbable que parasiten especies al azar debido a las múltiples interacciones de estos factores (Combes, 2001).

Siphonaptera (Pulgas)

Las pulgas son insectos que pertenecen al orden Siphonaptera. Actualmente, se han descrito al menos 2,547 especies y se cree que existen más de 3,000 taxones aún por describir (Lewis y Lewis, 1985; Lewis, 1993, 1998; Linardi y Guimarães, 2000; Whiting *et al.*, 2008). Las familias de pulgas conocidas son Pulicidae, Tungidae, Rhopalopsillidae, Pygiopsyllidae, Stivaliidae, Hystrichopsyllidae, Stephanocircidae, Ceratophyllidae y Leptopsyllidae. En México se han realizado estudios para identificar nuevas especies, analizar su diversidad y distribución. A la fecha se han identificado al menos 172 especies que pertenecen principalmente a las familias Ceratophyllidae y Ctenophthalmidae. Probablemente aún falten especies por descubrir, puesto que hay regiones del país donde no se han realizado inventarios de pulgas como es el caso de los estados del norte de la república. Los estados donde se ha encontrado mayor diversidad de pulgas son Guerrero,

Distrito Federal y Oaxaca; mientras que Chihuahua, Sonora, Sinaloa y Colima, entre otros, son estados que presentan menor riqueza de pulgas. Esta desigualdad de información complica reconocer la diversidad de pulgas en el país y sus patrones de distribución (Acosta, 2014). Los hospederos de este grupo de insectos son mamíferos, aves y reptiles. Los roedores albergan la mayor diversidad de especies de pulgas, tienen el 94 % de especies descritas parasitándolos (Medvedev *et al.*, 2005).

El parasitismo es considerado importante para ampliar el conocimiento de la biodiversidad (Wilson, 1992). Existen numerosas asociaciones entre pulgas y hospederos mamíferos, el porcentaje mas alto de preferencia con un 82 % son los roedores lo que los coloca como los principales mamíferos parasitados. Probablemente esta preferencia se deba a las adaptaciones morfológicas del parásito, ya que son capaces de moverse entre el pelaje del huésped y resistir cuando el mamífero se limpia (asea), además de ser excelentes saltadoras (Krasnov, 2008). Las pulgas se caracterizan por tener una longitud entre 4 y 5 mm, aunque existen unas pocas especies de pulgas que llegan a medir más de 1 cm (Krasnov, 2008). Su aparato bucal está adaptado para extraer sangre del huésped, y se compone de tres partes: epifaringe y dos lacinias del maxilar que ayudan a cerrar el canal de comida por donde succionan la sangre (Rothschild, 1975; Ford *et al.*, 2004; Morand *et al.*, 2006). El ciclo de vida de la mayoría de las especies comienza en los nidos de los hospederos, donde periódicamente los huevos son depositados y estos se convierten en larvas, dependiendo de la especie y las condiciones pueden emerger en un periodo de 2 a 21 d para convertirse en pupa y llegar al estado

adulto (Whitaker y Morales-Malacara, 2005; Morand *et al.*, 2006). Los huevos normalmente se pueden encontrar en los sitios que usan los hospederos por más tiempo como madrigueras y acostaderos (Orozco *et al.*, 2008). La mayoría de las especies de pulgas no se alimentan directamente de sangre del hospedero en estado larvario, el alimento es obtenido de las heces de los ectoparásitos adultos (Muller y Durden, 2009; Gunn y Pitt, 2012).

Los sifonápteros transmiten enfermedades importantes como la rickettsiosis (*Rickettsia* spp.) y la peste negra (*Yersinia pestis*), que a generado pandemias en varias ocasiones en la historia de la humanidad (Haule *et al.*, 2013). La listeriosis, tularemia, salmonelosis y la brucelosis, son otros patógenos transmitidos por pulgas; las especies del género *Bartonella* son bacterias que se encuentra en pulgas, garrapatas, ácaros y piojos, provocan enfermedades principalmente a personas inmunodeprimidas, pueden estar presentes en gatos y pueden infectar humanos solo en Norteamérica, Europa y Australia (Krasnov, 2008; Orozco *et al.*, 2008; Krenn y Aspöck, 2012; Zapata, 2012; Lawrence *et al.*, 2015).

El estudio de los parásitos es complejo, ya que se distribuyen en gran cantidad de especies animales, flora, ecosistemas y con diversas condiciones ambientales de temperatura, precipitación entre otras. El tamaño y color de los parásitos les hace difíciles de localizar; además, de que son organismos que se pueden mover rápidamente y son capaces de sentir los cambios de luz que hace que se muevan a áreas del hospedero más seguras (Gunn y Pitt, 2012).

Ecosistemas Desérticos

México tiene gran variedad de ecosistemas que se clasifican conforme a

sus componentes bióticos y abióticos. Rzedowski caracterizó la vegetación de México en 1978 y la dividió en 10 diferentes ecosistemas, destacando el bosque, matorral y pastizal (Gonzales-Medrano, 2013). Los desiertos son ecosistemas de gran relevancia, donde las características extremas de temperatura, humedad y tipo de suelo han generado adaptaciones a estos ambientes.

El 70 % de Chihuahua está cubierto por zonas áridas o semiáridas, que son parte del desierto Chihuahuense. Este es uno de los desiertos más importantes de Norteamérica, que además de sus peculiaridades físicas, es un área donde se registran gran cantidad de especies (Morafka, 1977; Sutton, 2000; Hoyt, 2002; Estrada-Castillón y Villareal-Quintanilla, 2010). Los principales ecosistemas son pastizal y matorral, donde algunas especies dominantes de arbustivas son la gobernadora (*L. tridentata*) y el mezquite (*P. glandulosa*); entre las gramíneas, predominan el zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*), zacate azul o navajita (*B. gracilis*) y navajita velluda (*B. hirsuta*) (Desmond y Montoya, 2006).

Algunos tipos de vegetación que se encuentran en los desiertos del Norte de México y en Durango son matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral desértico crassicaule, encinares, pastizales, vegetación riparia y bosques de pino piñonero, entre otros (Estrada-Castillon y Villareal-Quintanilla, 2010; Granado-Sánchez *et al.*, 2011); sin embargo, según un estudio reciente, la vegetación de Durango se divide en chaparral, matorral crasicaule, matorral desértico micrófilo y rosetófilo, matorral submontano,

mezquital, pastizal cultivado, pastizal natural, vegetación de desiertos arenosos, vegetación gipsófila y pastizal halófilo (Sánchez-Salas, 2012).

Si bien se puede decir que existe una relación directa entre el tipo de vegetación y los organismos que lo habitan, las especies hacen una selección de hábitat con los recursos disponibles que este ofrece (Johnson, 1980). Esta relación es compleja y heterogénea por los factores relacionados en la misma, sin embargo, usualmente los microhábitats son estudiados a través de la estructura de la vegetación (Kotler y Brown, 1988), donde es elegida por el organismo (Morales *et al.*, 2008; Morales y Traba, 2009). Los desiertos son valiosos no solo por sus recursos biológicos también representan cultura, valores étnicos, económicos, educativos y científicos, y solo podemos ayudar a su conservación realizando estudios que ofrezcan el conocimiento para poner en marcha estrategias y proyectos que protejan estos ecosistemas (Challenger, 1998).

Que es la Diversidad Biológica

En su acepción más simple, la diversidad biológica se define como la variabilidad o especies diferentes de microorganismos, plantas, hongos y animales de determinado sitio, el termino es más complejo y desde los ochentas a la actualidad este concepto a cambiado (Noss, 1990). En la actualidad también se refiere a la composición, distribución, abundancia, variación genética, características funcionales e interacciones de las especies y el medio en el que viven (Hooper *et al.*, 2005). La diversidad biológica no se distribuye de manera homogénea ni en tiempo ni en espacio, por lo que ha sido objeto de múltiples estudios tanto en comunidades ecológicas, poblaciones y

asociaciones entre factores bióticos y abióticos (Krebs, 1978; Begon *et al.*, 1990).

Estudios de Diversidad

Los mamíferos son un grupo biológico diverso y estudiado debido a su alto número de especies, cuyas características proporcionan información acerca de evolución y adaptación. Dentro de los mamíferos existen especies que se alimentan exclusivamente de carne, carroña, insectos, sangre, vegetación y existen otras que aprovechan cualquier alimento disponible. Han invadido diversos nichos ecológicos, por lo que algunos son de hábitos arbóreos, voladores, acuáticos o fosoriales. Sus tallas también varían, algunas especies pesan tan sólo 2 g como el murciélago abejorro (*Craseonycteris thonglongyai*) y otras llegan hasta 154,000 kg como la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) (Jones y Safi, 2011). Las características tan diversas en cuanto a tamaño, color, pelaje, comportamiento, distribución, hábitos alimenticios, entre otros, están relacionadas directa e indirectamente con todas aquellas variables del ambiente donde viven y que influyen sobre éstos.

En 1981 se hizo un estudio en el desierto Sonorense donde se capturaron 334 ejemplares de roedores en 5 tipos diferentes de vegetación. Se identificaron 16 especies de 9 géneros y 4 familias. El estudio reveló que la agrupación de especies está más influenciada por las condiciones ambientales que por un tipo de vegetación en particular. Menciona que la distribución de roedores tiene más relación con las unidades geomorfológicas (ríos, dunas, costa, laderas) (González-Romero, 1995). Otro estudio se realizó considerando 3 diferentes tipos de vegetación en Valparaíso, Chile, (abana de *Acacia*

caven (Molina), bosque esclerófilo costero y matorral mixto de *A. caven* y *Baccharis linearis*) donde se capturaron 191 micromamíferos. Los investigadores concluyen que existe una relación directa entre la estructura de la vegetación y la diversidad de los mamíferos, es decir, que aquellos ambientes más complejos ofrecen mayor variedad de microhábitats que aquellos que son más simples, dando lugar a mayor diversidad de roedores (Muñoz-Pedreros *et al.*, 2011).

Este tipo de estudios a lo largo del tiempo se han planteado diversas preguntas de investigación, por ejemplo, han identificado asociaciones específicas entre especies y el papel de cada una de estas en el ecosistema, resultando en la implementación de nuevas estrategias para la conservación de las especies primero y de los ecosistemas en la actualidad (Maclaurin y Sterenly, 2008).

Análisis de Datos

En la actualidad el estudio de la biodiversidad ha ido en aumento, la información generada ayuda para la conservación de ambientes naturales y analiza el impacto que tienen las actividades antropogénicas en la salud de los ecosistemas (Maclaurin y Sterenly, 2008). Debido a esto se han generado fórmulas y algoritmos que ayuden o intenten explicar una parte de lo que abarca la biodiversidad, mediante cálculos de algunos índices complejos (Pielou, 1980). Como mencionan Maclaurin y Sterenly (2008), es necesario medir la biodiversidad para poder hacer comparaciones entre sistemas y establecer hipótesis sobre distintas funciones como las asociaciones entre especies, variables climáticas, topográficas y otras. Casi todos los estudios se enfocan en

una o varias especies dentro de una comunidad, sin embargo, existen tres niveles para medir la biodiversidad. El primer nivel es denominado alfa, que se define como la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea. El segundo nivel se llama beta, que es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje. Por último el nivel gamma se refiere a la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje (Moreno, 2001).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Área de Estudio

Las áreas de estudio se localizan al norte de México en los municipios de Aldama y Jiménez en el estado de Chihuahua y Villa Hidalgo y Tlahualilo de Zaragoza del estado de Durango (Cuadro 1).

Vegetación y Suelo

Chihuahua tiene una extensión de 247,087 km². Su territorio se inserta en dos de las quince provincias fisiográficas en las que está dividido el país: las provincias Sierras y Llanuras del Norte y Sierra Madre Occidental (GECh, 2013). Los cuatro sitios de estudio se localizan dentro de la provincia Sierras y Llanuras del Norte, que abarca el 56.6 % de la superficie estatal y se extiende desde el suroeste de los Estados Unidos de América hasta cerca de Nazas, en Durango, abarcando la región árida del estado (GECh, 2013). Se compone de sierras abruptas que se elevan hasta 3,000 m respecto al nivel del mar y de llanuras que van de 800 a 1,000 m de elevación (INEGI, 2003); gran parte del territorio presenta zonas áridas o semiáridas. Predominan cuatro tipos de vegetación: desierto, bosque de encino y pastizales, bosque de pino y vegetación de barranca (Figura 1). Los suelos que predomina en esta provincia son llanuras aluviales y rocas basálticas ácidas y calizas sobre los lomeríos y pequeñas sierras (INEGI, 2003). El municipio de Aldama cuenta con una superficie de 9,835.90 km², tiene un clima árido, desértico y alcanza temperaturas que pueden fluctuar desde los 14 hasta los 4 °C. El suelo es de formación in-situ y coluvial, derivado de roca- ígnea, con una profundidad somera (0 a 25 cm), con textura franco-arenosa a franco-arcillosa con grava

Cuadro 1. Ubicación de los sitios de estudio en los estados de Chihuahua y Durango, México

Estado	Municipio	Localidad	Coordenadas	Elevación
Chihuahua	Aldama	Los Potros	28°57'23.60"N 105°41'22.90"O	1,353 m
Chihuahua	Jiménez	Jiménez	27°15'35.00"N 104°55'40.10"O	1,368 m
Durango	Villa Hidalgo	La Zarca	25°48'28.50"N 104°29'14.00"O	1,812 m
Durango	Tlahualillo de Zaragoza	Tlahualillo	26°10'52.60"N 103°43'37.00"O	1,101 m

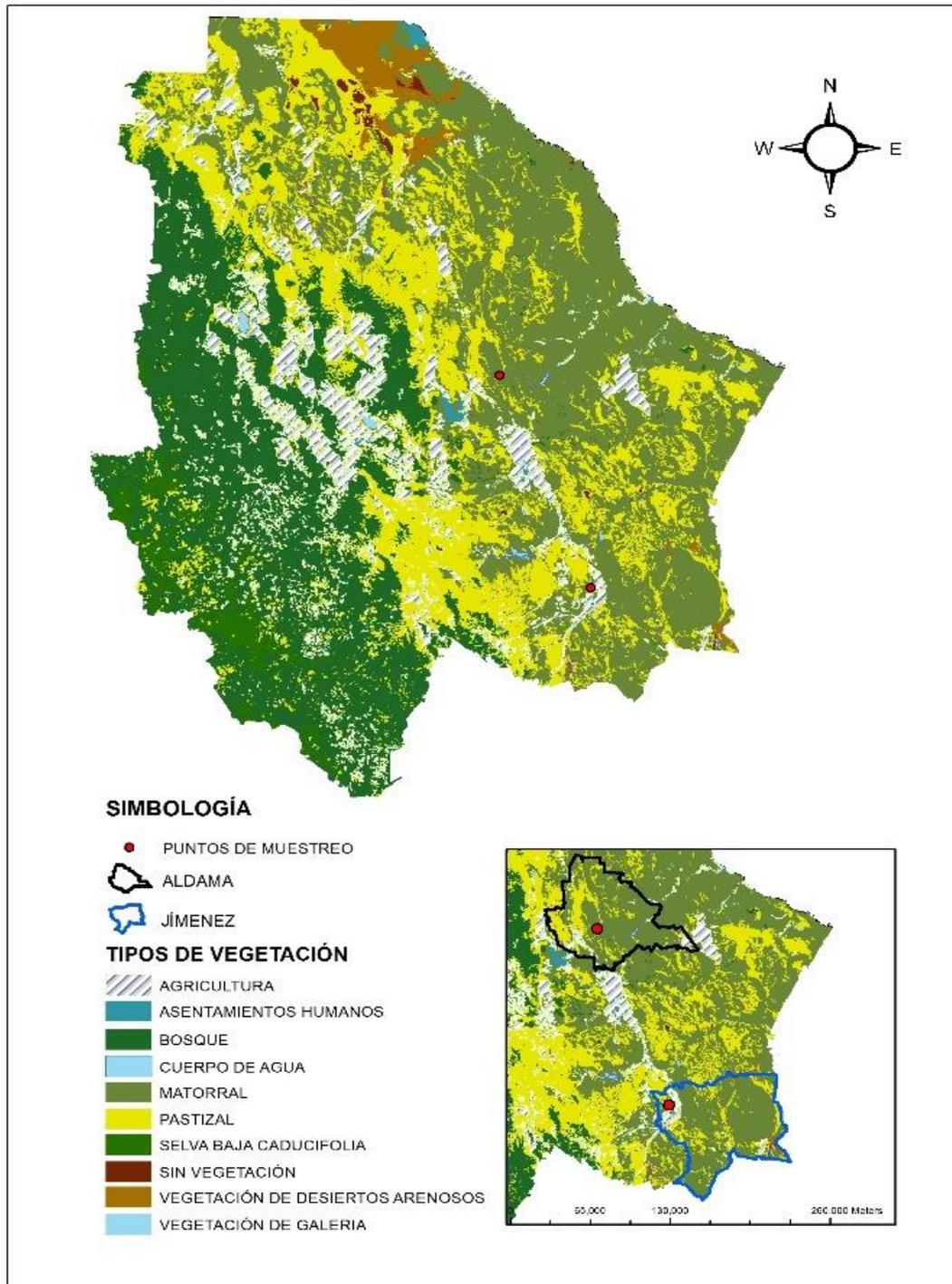


Figura 1. Mapa de la ubicación de los sitios de estudio en el estado de Chihuahua, México y la caracterización de la vegetación.

(COTECOCA, 1979). Su ecosistema principal es matorral inerme perifollo con gobernadora (*Larrea tridentata*) como arbustiva dominante (INAFED, 2015). El municipio de Jiménez tiene una superficie de 11,074.14 km² y presenta clima semiárido principalmente. El suelo es de origen aluvial profundo (+50 cm), color pardo oscuro, con tonalidad rojiza; con textura arcillo-arenosa a franco-arcillosa con poca grava (COTECOCA, 1978), por lo que su vegetación dominante es de matorral y bosque, pero el sitio de estudio es semidesértico (INAFED, 2015)

Durango tiene una extensión de 123,317 km², posee principalmente áreas semiáridas y áridas, pero también se encuentran selvas tropicales, bosques fríos y templados en la Sierra Madre Occidental (SMOcc), pastizales y vegetación xerófila en las zonas desérticas que corresponden al Altiplano Mexicano (Estrada-Castillon y Villareal-Quintanilla, 2010). El municipio de Villa Hidalgo, cuya localidad estudiada se encuentra cerca de la comunidad de la Zarca, se caracteriza por una vegetación de pastizal y bosques de encino-pino y pino-encino (Aragón *et al.*, 2009). El suelo es de formación *in-situ* y coluvial, derivado de roca ígnea, por lo general somero (0 a 25 cm), con abundancia de piedra en la superficie y frecuencia de afloramientos rocosos, el color dominante es pardo rojizo, amarillento, la textura es franco-arcillosa a arcillo-arenosa con gravas (COTECOCA, 1978). Mientras que el municipio de Tlahualilo de Zaragoza (Figura, 2) tiene un clima extremoso con vegetación de matorral xerófito o semidesértico (COTECOCA, 1979).

Técnicas de Muestreo

Caracterización de la vegetación. Con base en la metodología de Herrick *et al.* (2005) se caracterizaron los cuatro sitios de muestreo desde el

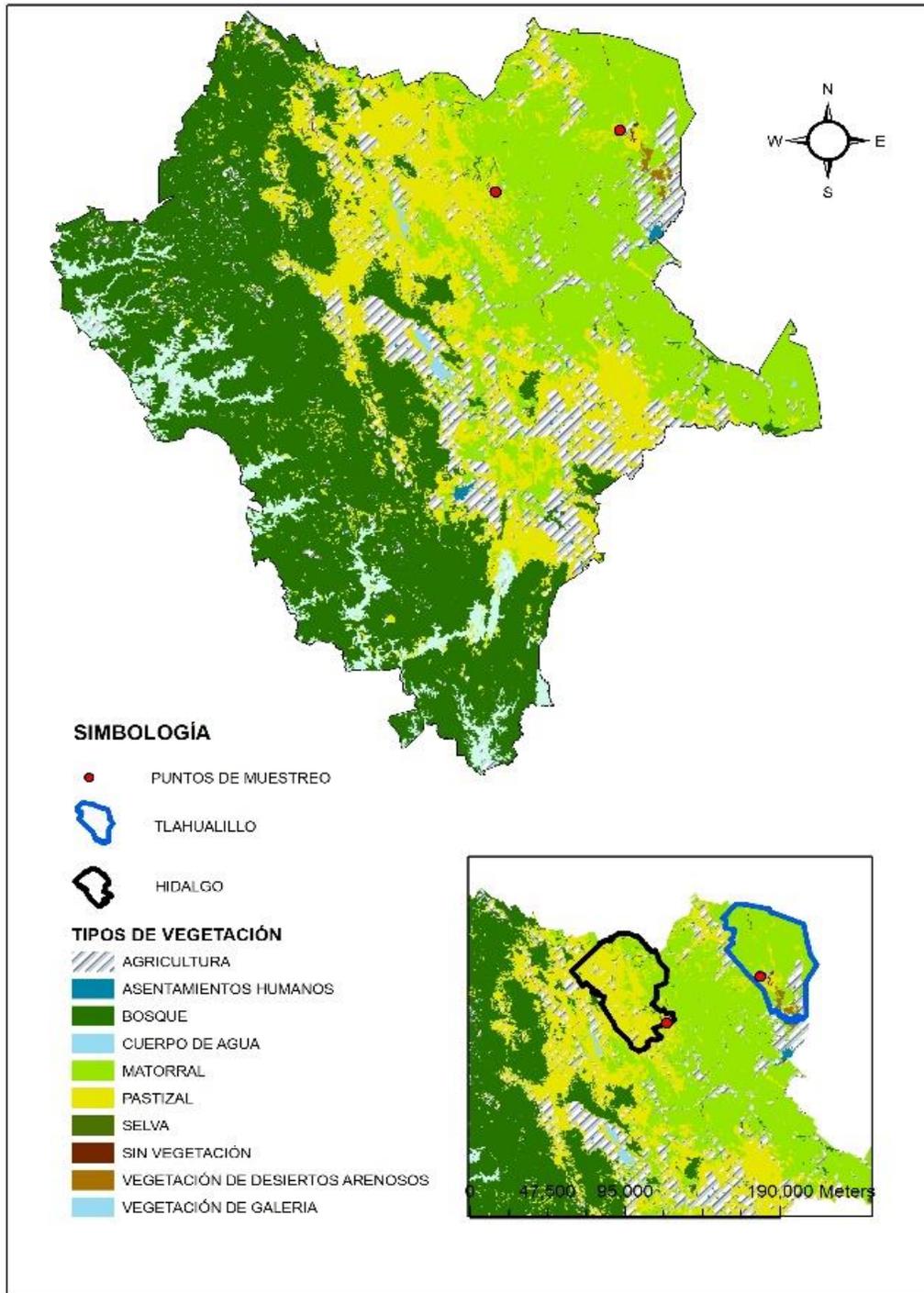


Figura 2. Mapa de la ubicación de los sitios de estudio en el estado de Durango, México, y la caracterización de la vegetación.

punto de vista botánico. Se utilizaron transectos y en cada metro se registró la especie de planta presente o grupos funcionales de vegetación (herbácea, arbusto, árbol, gramínea). En cada punto se apuntaba la categoría de vegetación, suelo desnudo, materia orgánica o roca; en cada sitio, el transecto incluyó al menos 500 puntos. Posteriormente se obtuvieron los datos de frecuencia, cobertura de suelo y composición botánica. Con este método se puede determinar la estructura y composición vegetal de determinada superficie, además de ser apto para vegetación graminoide y arbustiva (Mostacedo, 2000). La desventaja es que en muestras pequeñas la variabilidad de datos puede ser alta.

Recolecta e identificación de roedores. Para la captura de roedores se realizaron cinco muestreos durante el año 2015, (enero a septiembre) y uno en el año 2016 (enero y febrero). En cada localidad se colocaron 6 transectos con 40 trampas Sherman en cada uno, 240 trampas por noche. Esto da un total de 1,440 trampas/noche por muestreo en las localidades y un gran total de 5,760 trampas/noche de los cuatro sitios, en los seis muestreos. Las trampas se situaron en los mismos lugares en cada muestreo, antes de oscurecer, a intervalos de 10 m de distancia entre cada trampa aproximadamente, formándose un rectángulo de 60 m x 400 m. Se utilizó como cebo avena comercial y se dejaron activadas durante la noche. Antes del muestreo, se hizo una visita y se recolectaron ejemplares voucher, que fueron determinados taxonómicamente utilizando a Hall (1981) y se prepararon como ejemplares de museo siguiendo a Hafner *et al.* (1984). Para la clasificación taxonómica se siguió a Hall (1981) y a García-Mendoza y López-González (2012) y López-

González y García-Mendoza (2013) para Chihuahua y Durango y se confirmó con los mapas de distribución de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2016), Fernández *et al.* (2014) y Milazzo *et al.* (2012).

Los especímenes se sacrificaron siguiendo las normas y protocolos establecidos por la Asociación Americana de Mastozoología (Sikes *et al.*, 2011) y por el Código de Bioética y Reglamento de Bienestar Animal de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, y haciendo uso del permiso de colecta FAUT-0306 otorgado por la SEMARNAT a JAF. Los especímenes están depositados en la Colección de Vertebrados de la Facultad de Zootecnia y Ecología, de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Recolección de ectoparásitos. Después de la captura e identificación de roedores, estos se transfirieron de la trampa a un depósito de plástico con una capacidad de al menos 2 lt. Se usa un algodón humedecido con cloroformo que se depósito en un bote de plástico (esto ayuda a que se desprendan los ectoparásitos) posteriormente, se sujeto al roedor y se paso a una mesa donde fue cepillado en contra de la orientación natural del pelo y fue examinado por unos minutos. Los parásitos que cayeron se recogieron con unas pinzas de relojero o agujas de disección y se depositaron en viales de cristal con 5 ml de alcohol al 70 % para preservar los parásitos para su posterior identificación taxonómica (Smit, 1957).

Los roedores que no fueron sacrificados se liberaron en los sitios donde se recolectaron, así mismo se inspecciona y limpia el depósito de plástico para verificar que no quede ningún parásito, esto se hizo para cada ejemplar. Los tubos fueron identificados conforme al ejemplar recolectado y la numeración

debe coincidir con el número de colecta del diario de campo que contiene los siguientes datos: país, estado, municipio, localidad exacta, coordenadas geográficas, elevación, sexo, condición reproductiva, género, especie, medidas somáticas, número de parásitos encontrados y observaciones. Los ejemplares recolectados se encuentran en la Colección de Siphonaptera del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera" en la facultad de ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Análisis Estadístico

En este estudio se usaron índices para medir diversidad alfa y un índice de similitud para evaluar diversidad beta en roedores y pulgas. Otros cálculos realizados para la vegetación fueron composición botánica, cobertura basal y frecuencia.

Riqueza específica. Para medir la riqueza específica de especies (S = número total de especies) se consideran el número de individuos y especies (Moreno, 2001).

Índice de Simpson. Este índice representa la dominancia de especies, es el contrario a aquellos índices de equidad de comunidades (Moreno, 2001).

La fórmula es:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

En donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra (Moreno, 2001).

Índice de Shannon. Este índice es de equidad, asume que los individuos fueron tomados al azar y que las especies totales están representadas en la muestra (Moreno, 2001).

La fórmula es:

$$H' = \sum [p_i \ln p_i]$$

Dónde:

p_i = es la proporción de individuos de una especie

\ln = es el logaritmo natural

\sum = es la sumatoria de los valores que representan las proporciones por especies

Índice de prevalencia. Porcentaje de huéspedes que son infectados por una o más especies de parásitos (Bush *et al.*, 1997).

Dónde:

P= número de hospedadores infectados por una especie particular de parásito, entre el número de total de hospederos examinados.

Índice de Jaccard. Es la expresión para estimar dicha semejanza entre comunidades la estimación es preferentemente en porcentajes. Este índice representa la ausencia o presencia de especies comunes en dos o más áreas y se uso para hacer la comparación de los sitios, con las especies registradas (Kent y Coker, 1992).

La fórmula es (Moreno, 2001):

$$I_J = c / a + b - c$$

Dónde:

a = número de especies presentes en sitio A

b = número de especies presentes en sitio B

c= número de especies presentes en ambos sitios A y B

Frecuencia (F): Número de individuos totales de una especie.

Cobertura: Es la proporción que ocupa una especie vegetal o categorías vegetales (arbusto, gramínea, hierba, árbol) así como otras categorías dentro de la muestra como roca, materia orgánica y suelo dentro del transecto (Matteucci y Colma, 1982).

Composición botánica: Es la proporción de una especie vegetal entre el total de individuos (de flora).

Curvas de rarefacción: Es una interpolación que ayuda a estimar con base a los conjuntos o muestras la riqueza de especies en un área determinada (Mao *et al.*, 2004). Se realizó un análisis de rarefacción mediante el programa Ecosim en donde se comparó la riqueza, dominancia e índice de Shannon de especies por sitio (Colwell *et al.*, 2004) además se generaron intervalos de confianza del 95 % por medio de 1000 repeticiones (Gotelli y Ellison, 2013).

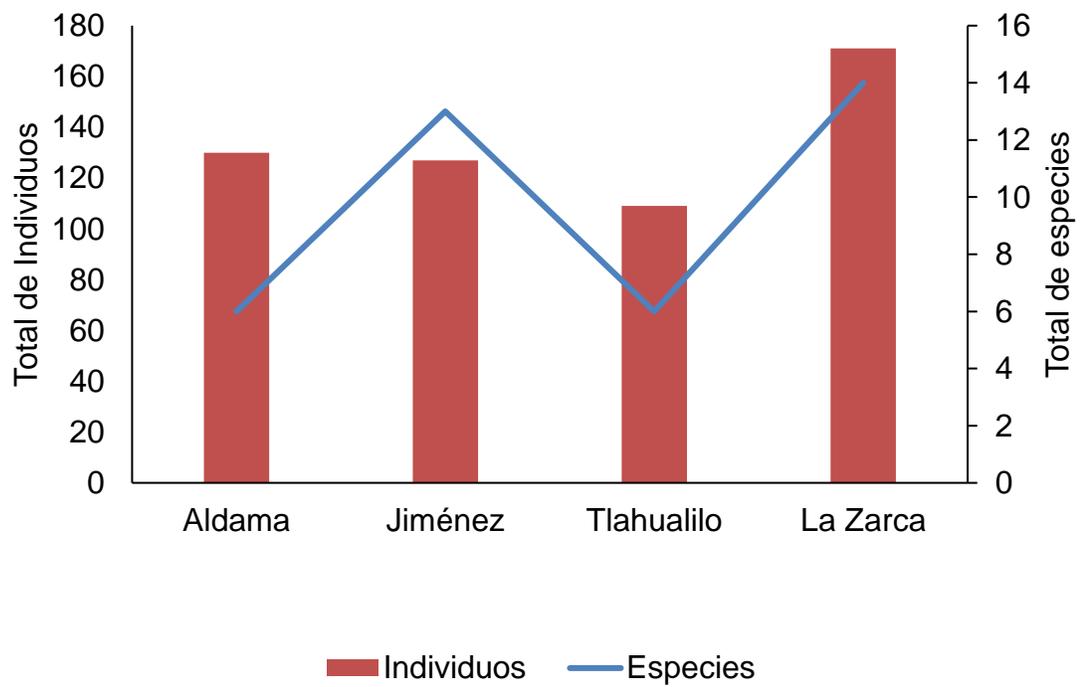
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índices de Diversidad en Rodentia (Roedores)

Se capturaron un total de 537 ejemplares de 17 especies de roedores pertenecientes a las familias Heteromyidae y Muridae esto tomando en cuenta las listas que describen a pequeños mamíferos en los estados de Chihuahua y Durango (López-González y García-Mendoza, 2012; García-Mendoza y López-González, 2013). En la Zarca se identificaron 14 especies con 171 capturas, Tlahualilo y Aldama tuvieron 6 especies con 109 y 130 capturas respectivamente, y Jiménez 13 especies y 127 capturas (Gráfica 1).

La especie más abundante en todos los sitios fue *Dipodomys merriami* con 76.15, 22.83, 40.37 y 28.65 % en Aldama, Jiménez (Cuadro 2), Tlahualilo y La Zarca respectivamente (Cuadro 3). La segunda especie más abundante fue *Chaetodipus eremicus* con 7.69, 14.96, 33.03 y 16.37 % en las mismas localidades. Otro taxones importantes fueron las diferentes especies del género *Peromyscus*, presentes en todos los sitios, a diferencia de aquellas especies que solo se registraron una vez en los diferentes sitios como *Baiomys taylori*, *Mus musculus*, *Liomys irroratus*, ocasionalmente *Reithrodontomys zacateae* y la rata montera de garganta blanca *Neotoma leucodon* esta última se recolectó solamente en la localidad de Jiménez y representa el 10.24 % del total de especies encontradas en esta.

El análisis del índice de Simpson individual muestra que la especie dominante es *Dipodomys merriami* cuyos valores se acercan a 1 en todos los sitios. Cuando se resta a la sumatoria de estos valores 1, los sitios con más equidad de especies son la Zarca con 0.8379 y Jiménez con 0.8589



Gráfica 1. Número total de individuos de roedores atrapados y número total de especies identificadas en las cuatro localidades con vegetación de matorral y pastizal de Chihuahua y Durango, México.

Cuadro 2. Especies en las dos localidades de Chihuahua y resumen de (S) número de individuos, (Pi) abundancia relativa, (Sim) Índice de Simpson e (Shn) Índice de Shannon

Lista de especies de Roedores				
Especies	S	Pi	Sim	Shn
Aldama				
<i>Chaetodipus eremicus</i>	10	0.0769	0.0059	-0.1973
<i>Dipodomys merriami</i>	99	0.7615	0.5799	-0.2075
<i>Onychomys arenicola</i>	5	0.0385	0.0015	-0.1253
<i>Perognathus flavus</i>	8	0.0615	0.0038	-0.1716
<i>Peromyscus eremicus</i>	2	0.0154	0.0002	-0.0642
<i>Peromyscus sp.</i>	6	0.0462	0.0021	-0.1420
Total	130		0.5935	-0.9078
Jiménez				
<i>Baiomys taylori</i>	1	0.0079	0.0001	-0.0381
<i>Chaetodipus eremicus</i>	19	0.1496	0.0224	-0.2842
<i>Dipodomys merriami</i>	29	0.2283	0.0521	-0.3372
<i>Dipodomys ordii</i>	1	0.0079	0.0001	-0.0381
<i>Mus musculus</i>	1	0.0079	0.0001	-0.0381
<i>Neotoma leucodon</i>	13	0.1024	0.0105	-0.2333
<i>Onychomys arenicola</i>	3	0.0236	0.0006	-0.0885
<i>Perognathus flavus</i>	1	0.0079	0.0001	-0.0381
<i>Peromyscus eremicus</i>	21	0.1654	0.0273	-0.2976
<i>Peromyscus maniculatus</i>	5	0.0394	0.0016	-0.1274
<i>Peromyscus sp.</i>	16	0.1260	0.0159	-0.2610
<i>Reithrodontomys zacateae</i>	12	0.0945	0.0089	-0.2229
<i>Sigmodon leucotis</i>	5	0.0394	0.0016	-0.1274
Total	127		0.1411	-2.1320

Cuadro 3. Especies en las dos localidades de Durango y resumen de (S) número de individuos, (Pi) abundancia relativa, (Sim) Índice de Simpson e (Shn) Índice de Shannon

Especies	S	Pi	Sim	Shn	
	Tlahualilo				
<i>Chaetodipus eremicus</i>		36	0.3303	0.1091	-0.3659
<i>Dipodomys merriami</i>		44	0.4037	0.1629	-0.3662
<i>Perognathus flavus</i>		1	0.0092	0.0001	-0.0430
<i>Peromyscus eremicus</i>		10	0.0917	0.0084	-0.2192
<i>Peromyscus maniculatus</i>		3	0.0275	0.0008	-0.0989
<i>Peromyscus sp.</i>		15	0.1376	0.0189	-0.2729
Total		109		0.3002	-1.3661
	La Zarca				
<i>Chaetodipus eremicus</i>		28	0.1637	0.0268	-0.2963
<i>Dipodomys merriami</i>		49	0.2865	0.0821	-0.3581
<i>Dipodomys nelsoni</i>		4	0.0234	0.0005	-0.0878
<i>Dipodomys ordii</i>		5	0.0292	0.0009	-0.1033
<i>Dipodomys spectabilis</i>		12	0.0702	0.0049	-0.1864
<i>Liomys irroratus</i>		1	0.0058	0.0000	-0.0301
<i>Onychomys arenicola</i>		22	0.1287	0.0166	-0.2638
<i>Perognathus flavus</i>		2	0.0117	0.0001	-0.0520
<i>Peromyscus eremicus</i>		11	0.0643	0.0041	-0.1765
<i>Peromyscus leucopus</i>		3	0.0175	0.0003	-0.0709
<i>Peromyscus maniculatus</i>		4	0.0234	0.0005	-0.0878
<i>Peromyscus sp.</i>		27	0.1579	0.0249	-0.2914
<i>Reithrodontomys zacateae</i>		2	0.0117	0.0001	-0.0520
<i>Sigmodon leucotis</i>		1	0.0058	0.0000	-0.0301
Total		171		0.1621	-2.0867

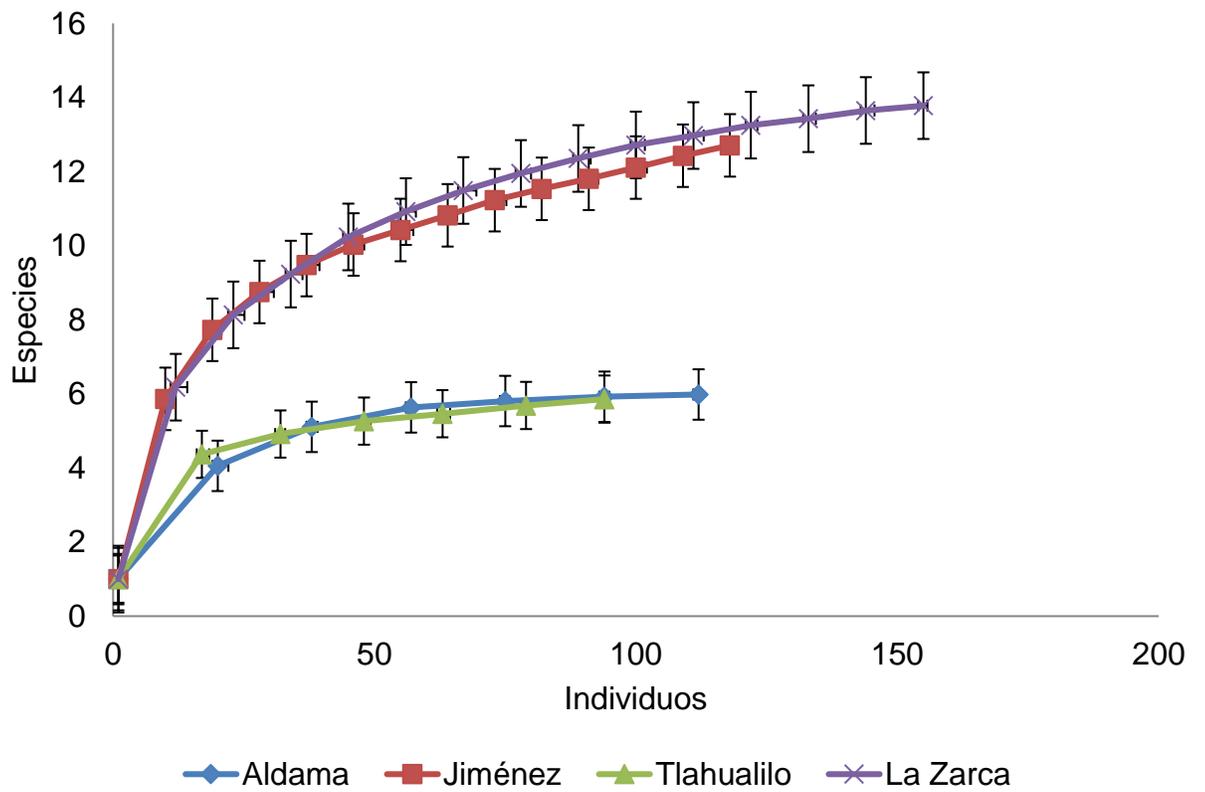
(Campo y Duval, 2014).

Con base al análisis de rarefacción, el sitio con mayor riqueza de especies es La Zarca, seguido por Jiménez, mientras que Aldama y Tlahualilo tienen una diversidad baja (Gráfica 2). La dominancia de especies de roedores muestra que Aldama tiene una alta dominancia de especies, por encima de las 3 localidades restantes, mientras que Jiménez y la Zarca tienen una tendencia menor en cuanto a dominancia (Gráfica 3).

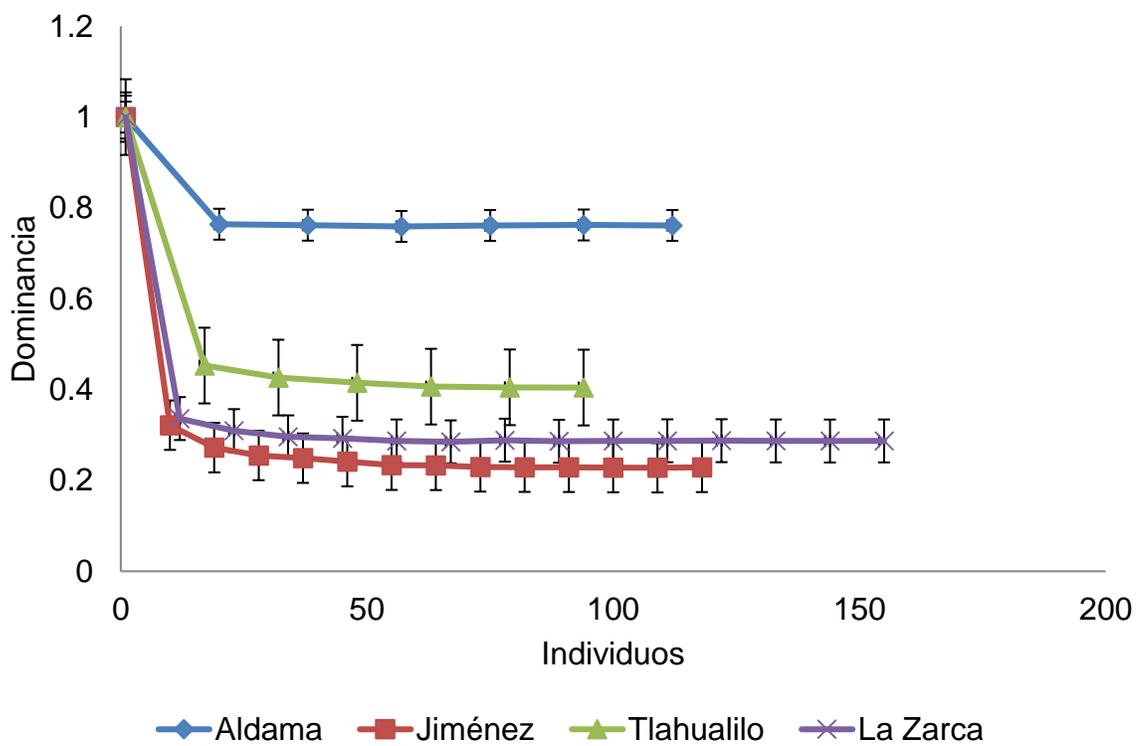
Por otra parte el índice de Shannon arroja que Jiménez cuenta con una diversidad de regular a alta con un valor de 2.13 siendo 5 es el máximo valor que puede alcanzar, Aldama fue el más bajo en diversidad con 0.9078 (Cuadro 2). Sin embargo si observamos el tipo de vegetación en el que se encuentran las áreas de estudio, aquellas que están dentro de matorral y lejos de zonas agrícolas cercanas tienen mayor diversidad de especies de roedores. El análisis efectuado con el programa Ecosim muestra el comportamiento de los sitios más diversos mediante las curvas de rarefacción en los cuatro sitios de estudio (Gráfica 4).

Índice de Similitud de Jaccard en Rodentia (Roedores)

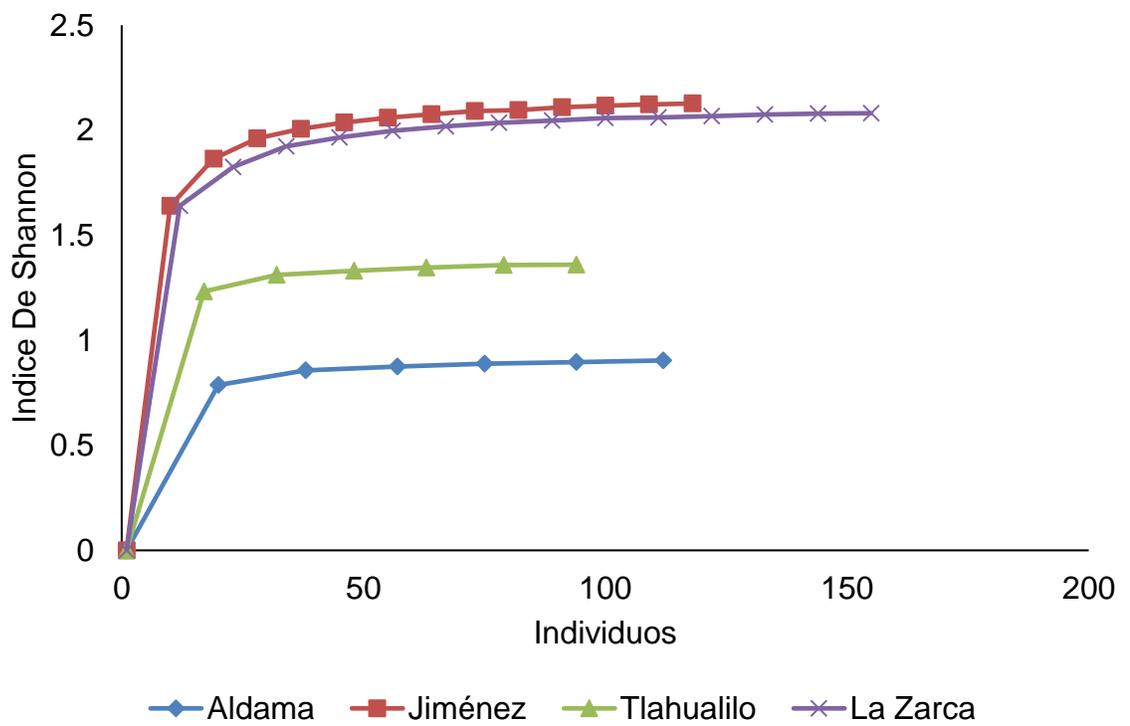
El índice de similitud de Jaccard muestra las especies de roedores que tienen en común los cuatro sitios. En Aldama y Tlahualillo, la similitud en composición faunística de roedores llega hasta 71.42 %; es decir, que cinco de las seis especies identificadas en ambas localidades son las mismas y solo tienen dos especies diferentes. Mientras que en Jiménez y la Zarca tienen una similitud del 58.82 % con diez especies iguales y siete especies de roedores distintas (estos sitios tienen el mayor número de individuos capturados así



Gráfica 2. Comparación de la riqueza de especies de roedores por sitio mediante curvas de rarefacción. En los cuatro sitios de estudio en los estados de Chihuahua y Durango, México. Las líneas punteadas representan el \pm de los valores con intervalos de confianza del 95 %, generados por medio de 1000 repeticiones.



Gráfica 3. Comparación de la dominancia de especies de roedores por sitio mediante curvas de rarefacción. En los cuatro sitios de estudio en los estados de Chihuahua y Durango, México. Las líneas punteadas representan el \pm de los valores con intervalos de confianza del 95 %, generados por medio de 1000 repeticiones.



Gráfica 4. Análisis de índice Shannon para roedores por curvas de rarefacción de las cuatro localidades de Chihuahua y Durango, México

como especies). Aldama y Tlahualilo tienen una similitud de 42.85 % en comparación con la Zarca, es decir, seis especies en común y una similitud de 46.15 % con Jimenez (Cuadro 4).

Caracterización de los Sitios

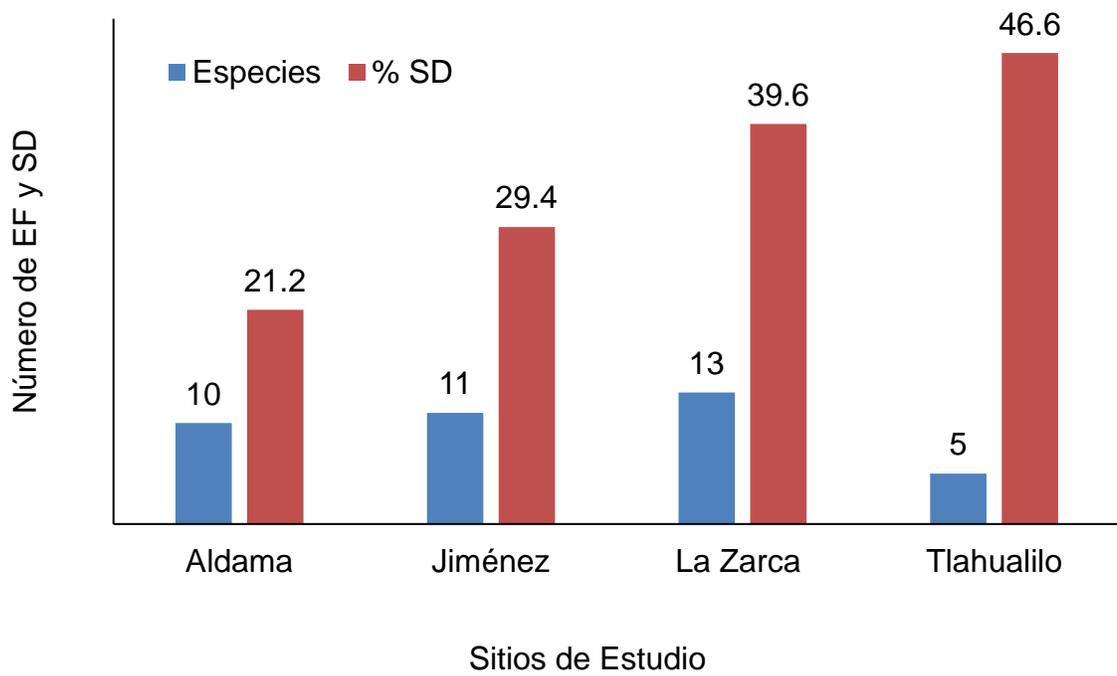
Los resultados obtenidos en cuanto a cobertura basal muestran que el mayor porcentaje de suelo desnudo (46.6 %) es en la localidad de Tlahualilo. Esta característica está asociada a la más baja diversidad encontrada en los cuatro sitios de estudio. La vegetación presenta dominancia de plantas arbustivas como *L. tridentata* en el municipio de Aldama con 52.81 % y *F. cernua* con 23.6 % en La Zarca. Sin embargo, los porcentajes de cobertura de materia orgánica y suelo desnudo son igualmente altos (Gráfica 5). El análisis de los datos de vegetación expresa que la cantidad de especies no varía mucho en tres de las cuatro localidades a excepción de Tlahualilo, que tiene el porcentaje más alto de suelo desnudo y también la cantidad más baja de especies vegetales.

Las especies de plantas más abundantes fueron *P. glandulosa* con 76.27 %, *L. tridentata* con 52.81 % y *D. pulchella* con 15.62 %; algunas especies solo se registraron una vez como *Yucca* spp. y *B. gracilis* (Apéndice 1).

Durante la caracterización del ecosistema se registraron especies que no quedaron dentro de los transectos de muestreo. Herbáceas como el trompillo (*Solanum elaeagnifolium*), girasol (*Helianthus annuus*) y algunos pastos como africano (*Eragrostis lehmanniana*), mota (*Chloris virgata*), toboso (*Pleuraphis mutica*), volador (*Aristida ternipes*), zacate alcalino (*Sporobolus airoides*) y algunas especies de nopales (*Opuntia* spp.).

Cuadro 4. Comparación de valores de similitud de diversidad de roedores obtenidos con el índice de Jaccard para las cuatro localidades de estudio en Chihuahua y Durango, México

Comparación	%
Aldama vs. Jiménez	46.15
Aldama vs. Tlahualilo	71.42
Aldama vs. la Zarca	42.85
Jiménez vs. Tlahualilo	46.15
Jiménez vs. la Zarca	58.82
Tlahualilo vs. la Zarca	42.85

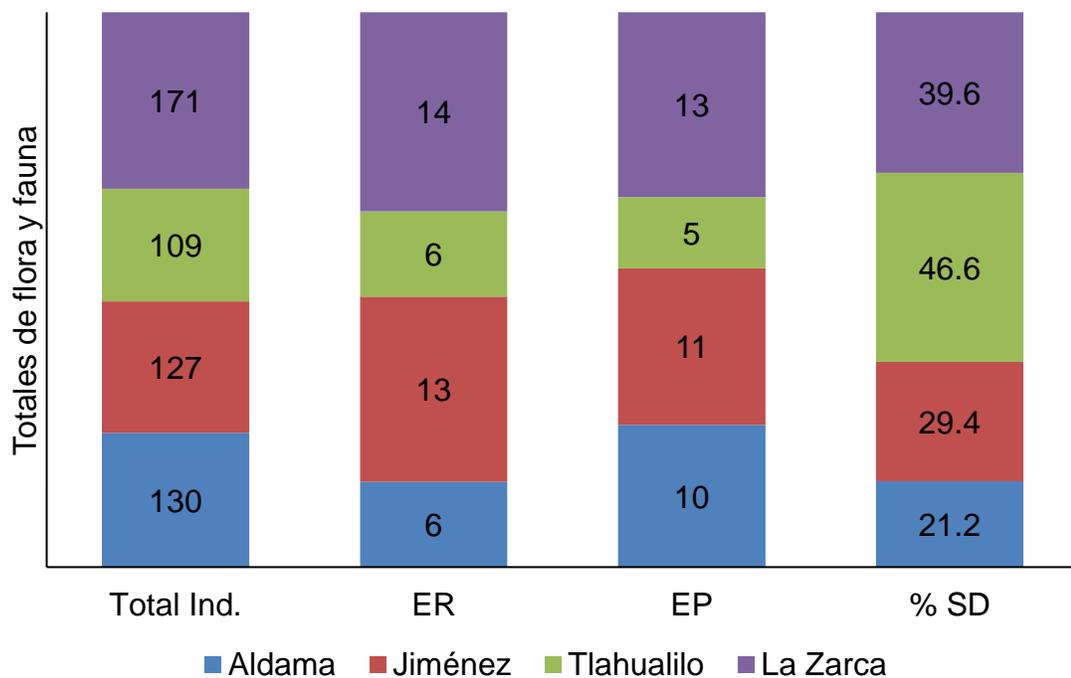


Gráfica 5. Número de taxones de flora (EF) y porcentaje de suelo desnudo (SD) en ecosistemas de matorral y pastizal en los estados de Chihuahua y Durango, México.

El estudio realizado por Mun y Whitford (1990), encuentra que múltiples especies de roedores como *D. merriami* y otras pertenecientes a los géneros *Dipodomys*, *Perognathus* y *Chaetodipus sp.* son más abundantes en ecosistemas de pastizal, mientras que en otro estudio Whitford y colaboradores mencionan qué especies de roedores dominaron en hábitats donde prevalecían arbustos como *P. glandulosa*, *L. tridentata* y *F. cernua* (Whitford y Ettershank, 1975; Whitford *et al.*, 1978), de acuerdo con estos autores se encontraron básicamente las mismas especies que resultaron ser las más abundantes en este trabajo.

Vegetación y Abundancia de Rodentia (Roedores) por Localidad

Comparando las especies de plantas determinadas y el porcentaje de suelo desnudo contra el total de individuos y especies de roedores, Tlahualillo tiene el porcentaje más alto de suelo desnudo (46.6 %), menor diversidad de plantas (5 especies) y el menor número de ejemplares y especies de roedores. La Zarca, a pesar de tener un alto porcentaje de suelo desnudo es la localidad que tiene mayor diversidad de especies de plantas, resultando en mayor heterogeneidad de hábitats, que se correspondió con el número más alto de individuos y de especies de roedores (Gráfica 6). Algunos estudios sugieren que ciertas especies de roedores reducen su densidad debido a que son granívoros y excavadores, sin embargo, esto último ayuda a la germinación y crecimiento de hierbas cuando construyen sus madrigueras (Whitford y Bestelmeyer, 2006).



Gráfica 6. Comparación de diversidad de especies de plantas y animales en los cuatro sitios de estudio de Chihuahua y Durango, México. Total Ind = roedores capturados por sitio, ER = especies de roedores registradas, EP = especies de plantas determinadas en los sitios, % SD = porcentaje de suelo desnudo en los sitios de estudio.

En este caso, un porcentaje alto de suelo desnudo no determina necesariamente la diversidad de roedores ni de plantas, sin embargo, esta documentado que con una alta cantidad de cobertura vegetal y de hábitats para los se roedores, favorecen la diversidad de estos. Las plantas permiten el establecimiento de madrigueras, y proporciona abundancia y diversidad de alimento (Ojasti y Dallmeier, 2000; Virgós *et al.*, 2002; Pita *et al.*, 2009). En 2014 y 2015 se realizó un estudio donde identificaron once especies de mesocarnívoros en el estado de Oaxaca en dos tipos de vegetación, concluyendo que no se mostraron diferencias significativas en las temporadas de lluvia y verano pero si en cuatro de las especies en base al tipo de vegetación (Hernández-Sánchez *et al.*, 2017). Y los pequeños mamíferos como los roedores mostraron un alta abundancia en el área de estudio con más diversidad de especies de flora (Perez-Lustre *et al.*, 2006; Santos-Moreno, 2008).

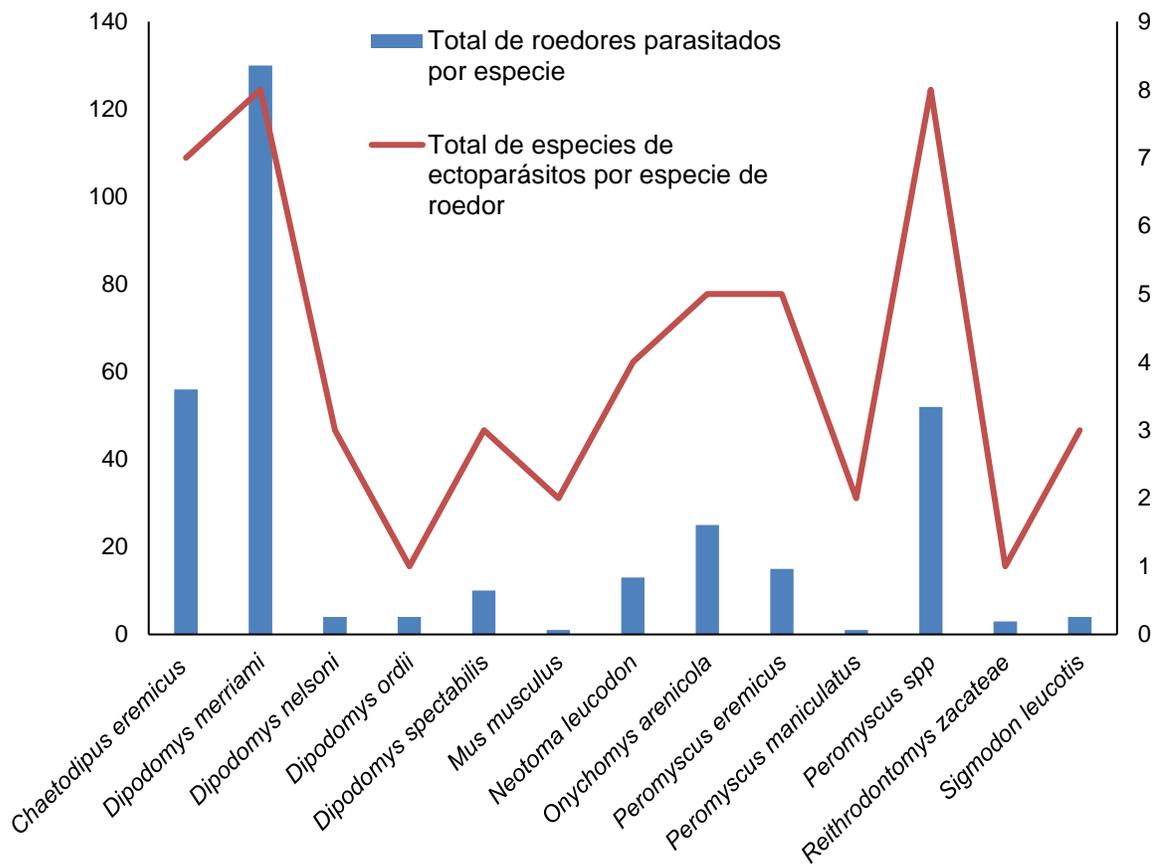
Índices de Diversidad de Siphonaptera (Pulgas)

En este estudio se recolectaron 763 pulgas en 13 especies de roedores. El número de pulgas fue de 189 individuos en Aldama, 48 en Tlahualilo, 230 en Jiménez y 296 en La Zarca. Las especies de pulgas recolectadas se clasifican en cuatro familias: Ceratophyllidae, Ctenophthalmidae, Hystrichopsyllidae y Rhopalopsyllidae. Las pulgas encontradas se distribuyen en seis géneros y 16 especies: *Anomiopsyllus durangoensis*, *Jellisonia ironsi*, *Meringis agilis*, *M. altipecten*, *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*.

La especie de roedor con más individuos capturados fue *D. merriami* con 130, y tuvo un total de 8 especies de pulgas identificadas. Se puede pensar que la especie más abundante de roedor tiene más especies de pulgas, sin embargo, *Peromyscus* sp. y *C. eremicus* tuvieron 52 y 56 capturas de pulgas respectivamente y tienen 8 y 7 especies de pulgas respectivamente esto puede indicar que el factor más influyente son los hábitos y características específicas del huésped (Gráfica 7).

México es uno de los países con menos estudios. Algunos autores como Medvedev y Acosta tienen trabajos sobre descripciones de especies y estudios de distribución de ectoparásitos y sus asociaciones con mamíferos y aves. Estudios en Europa mencionan que, más del 80 % de las especies de pulgas parasitan roedores y las familias más parasitadas fueron Cricetidae, Muridae y Sciuridae el cual sirve de parámetro para realizar otros estudios en diversos países (Medvedev y Kotti, 2013). Otro estudio para México, en la Cuenca Oriental (estados de Puebla, Veracruz y Tlaxcala) donde se capturaron 144 roedores de 10 especies y 133 pulgas, resultaron estar parasitados por 18 especies de pulgas, algunas de las más abundantes fueron *Meringis altipecten*, *Plusaetis mathesoni* *P. parus*, y *Polygenis vazquezi*, (Acosta y Fernández, 2015). En el presente estudio *Meringis altipecten* obtuvo un total de 432 individuos colectados teniendo el mayor número, seguido de *Meringis vitabilis* con 60 y *Pleochaetis exilis* con 52 individuos.

Los roedores son huéspedes sumamente importantes cuando se trata de documentar fauna de pulgas, Kotti (2016) menciona que 20 especies de roedores sirven de huéspedes a más de 40 especies de pulgas, con alta



Gráfica 7. Total de individuos parasitados por especie de roedor y número de especies de pulgas asociadas en los cuatro sitios de estudio de Chihuahua y Durango, México.

diversidad de familias. En el presente estudio, las especies de roedores que presentaron más parasitismo fueron *D. merriami*, *Peromyscus* sp., *C. eremicus*, *O. arenicola*, *N. leucodon* y *S. leucotis*, con más de 4 diferentes especies de pulgas cada una, y aquellas especies que presentaron menos incidencia de pulgas fueron *P. eremicus*, *R. zacatecae*, *M. musculus*, *D. ordii* y *P. maniculatus* con solo una o dos especies de pulgas.

La especie de pulga más abundante en Aldama, Jiménez y La Zarca fue *Meringis altipecten* con 68 %, 55 % y 59 % del total de especies, en contraste, en Tlahualillo no se encontró esta especie, y la más abundante fue *Orchopeas leucopus* con 41 %, por otro lado esta localidad fue donde hubo menos registros de individuos de pulgas.

Acosta y Fernández (2015) tienen registros de *Meringis altipecten* en diferentes especies de roedores como *Dipodomys phillipsii*, *Peromyscus maniculatus* y *Peromyscus* sp. en los estados de Puebla, Veracruz y Tlaxcala. En este estudio también se reporta en *Peromyscus maniculatus* y *Peromyscus* sp., además, esta especie de pulga tiene la mayor prevalencia en especies de roedores como *D. merriami*, *C. eremicus*, *Onychomys arenicola* y *Peromyscus* sp. Por otro lado Bala (2006) reporta algunas especies de pulgas para el estado de Chihuahua en roedores capturados en las colonias de perritos de la pradera (*Cynomys ludovicianus*) situadas en el municipio de Janos, que son las mismas que se están registrando en este estudio, por ejemplo *M. altipecten*, *O. leucopus* y *P. exilis*, estas se recolectaron en especies de roedores como: *Neotoma micropus*, *P. maniculatus* y *Spermophilus tridecemlineatus* respectivamente. Bala también caracterizó especies de roedores que se

encontraron en las localidades del presente estudio, donde el identifico otras especies de pulgas como. *D. merriami* (*Anomiopsyllus nudatus*), *D. ordii* (*Callistopsyllus deuterus*), *D. spectabilis* (*Echidnophaga gallinácea*), *P. flavus* (*Opisocrostitis t. tuberculatus*), *Peromyscus leucopus* (*Oropsylla hirsuta*) y *Sigmodon hispidus* (*Peromyscopsylla hesperomys*), por lo que una extensión del muestreo realizado para este proyecto quizá podría arrojar más especies de pulgas. Las especies de *Jellisonia ironsi* y *Anomiopsyllus* sp. tienen registro en la ciudad de México así como en los estados del presente estudio, por lo que abarca gran territorio del país (Rueda-Salazar y Cano-Santana, 2009).

Otras especies de pulgas que están siendo descritas y registradas en el desierto Chihuahuense que se asocian a diversas especies de roedores son *Meringis agilis* (*Chaetodipus nelsoni*, *C. penicillatus*), *M. bilsingi* (*D. merriami*, *D. ordii*, *D. spectabilis*), *Meringis* sp., *M. vitabilis* (*D. merriami*), *Polygenis gwyni* (*Bassariscus astutus*, *D. spectabilis*, *Liomys irroratus* y *S. hispidus*), *P. martinezbaezi* (*L. irroratus*), *Polygenis* sp. y *Thrassis* (*Spermophilus* sp., *O. arenícola*, *Neotoma micropus*); otras especies como *Orchopeas agilis*, *Jellisonia ironsi* y *Anomiopsyllus durangensis* pueden también ser registradas debido a que el hábitat y los hospederos se distribuyen en la región de estudio (Prince, 1944; Custer y Pence, 1978; Fain, 1978; Richerson *et al.*, 1992; Whitaker *et al.* 1993; Van Pelt, 1995; Ritzi, 2004).

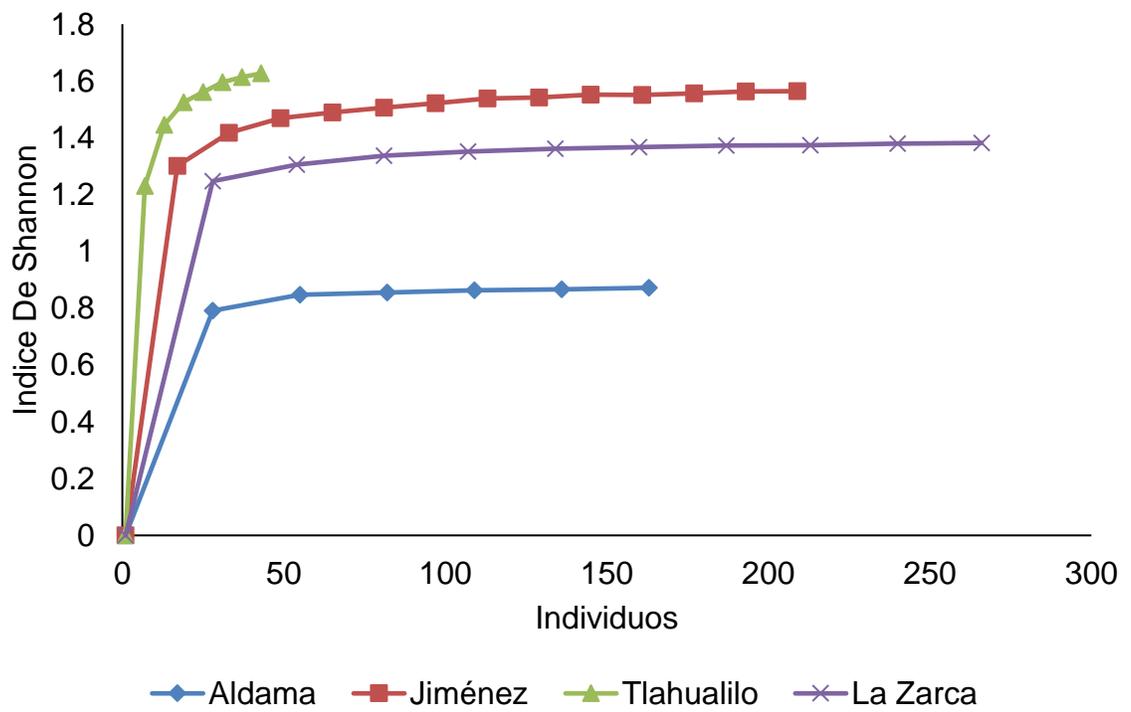
El índice de Shannon con el valor más alto (1.6352) muestra que a pesar de la baja incidencia de capturas de pulgas en Tlahualilo tiene una diversidad de pulgas más alta que en los otros sitios. La Zarca y Jimenez con 1.3830 y 1.5676 respectivamente, además tienen una diversidad similar en especies de

pulgas. Aldama es el sitio con menos diversidad con 0.5386, incluso por debajo del valor de especies de roedores en el mismo sitio (Gráfica 8). El índice de Simpson (la sumatoria del índice se resta de 1) tiene valores de 0.4726 para Aldama que efectivamente demuestra que es el sitio con más dominancia de especies de pulgas (Cuadro 5). Tlahualilo tiene un valor de 0.7535 cuyo valor se acerca a 1 lo que establece que es un sitio con una diversidad de regular a alta; mientras que La Zarca y Jimenez tienen una dominancia similar (0.6126 y 0.6543; Cuadro 6).

Las curvas de rarefacción (Colwell *et al.*, 2004) indican que el sitio con mayor riqueza es Jiménez, seguido por Tlahualillo, donde a pesar de la poca cantidad de individuos de pulgas, se observa que la curva es la segunda más alta, esto se explica porque aunque no existe alta abundancia de individuos si se hay diferentes especies de pulgas. La Zarca queda casi al mismo nivel que Tlahualillo pero con mayor cantidad de individuos y el sitio con menos especies es Aldama (Gráfica 9).

En cuanto a dominancia de especies de pulgas, Aldama tiene un alta dominancia de especies al igual que en especies de roedores, sin embargo Tlahualillo es el que tiene menor dominancia de especies de pulgas pero con menor cantidad de individuos capturados seguido de Jiménez y La Zarca que tienen curvas parecidas (Gráfica 10, Sandoval-Huerta *et al.*, 2014).

El análisis con 1000 repeticiones efectuado por el programa Ecosim se asemeja a los valores estimados en el cuadro 5 y 6 del índice de Shannon donde Tlahualillo muestra mayor diversidad de especies mientras que Jiménez y la Zarca tienen una diversidad baja pero similar y Aldama presenta los valores



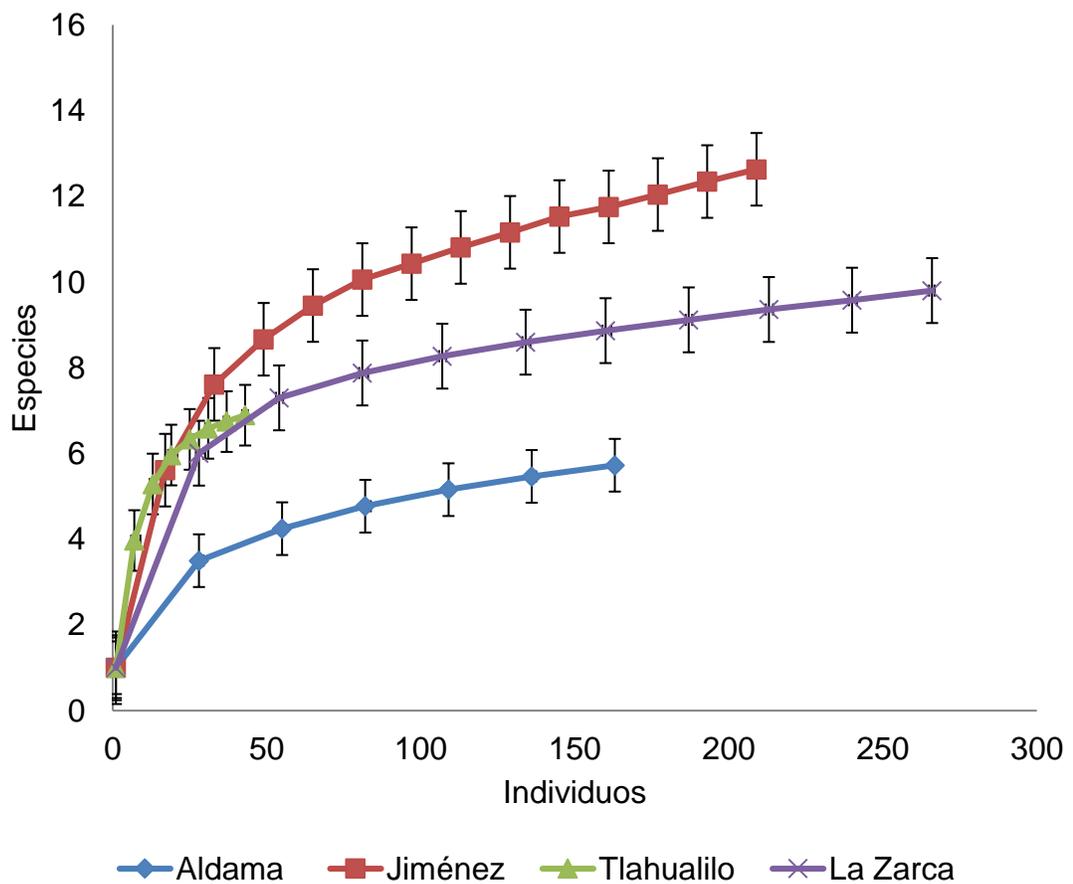
Gráfica 8. Análisis del índice de Shannon para especies de pulgas en los sitios de muestreo de Chihuahua y Durango, México.

Cuadro 5. Lista de especies de Sifonápteros en las dos localidades en Chihuahua, México, donde (S) número de individuos, (Pi) abundancia relativa, (Sim) Índice de Simpson e (Shn) Índice de Shannon fueron calculados por localidad

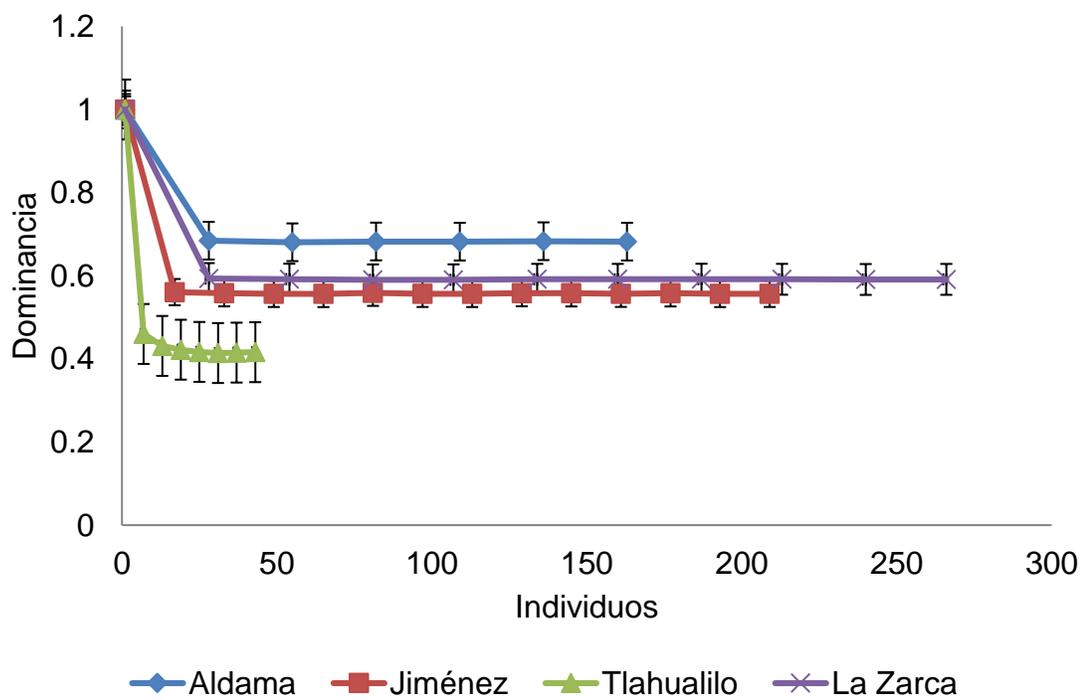
Especies de Siphonaptera	S	Pi	Sim	Shn
Aldama				
<i>Meringis altipecten</i>	129	0.6825	0.4659	-0.3559
<i>Meringis</i> sp.	8	0.0423	0.0018	-0.0113
<i>Meringis vitabilis</i>	46	0.2434	0.0592	-0.1674
<i>Orchopeas leucopus</i>	4	0.0212	0.0004	-0.0035
<i>Pleochaetis exilis</i>	1	0.0053	0.0000	-0.0003
<i>Thrassis aridis campestris</i>	1	0.0053	0.0000	-0.0003
Total	189	-	0.5274	-0.5386
Jiménez				
<i>Anomiopsyllus durangoensis</i>	15	0.0652	0.0043	-0.1780
<i>Jellisonia ironsi</i>	1	0.0043	0.0000	-0.0236
<i>Meringis altipecten</i>	128	0.5565	0.3097	-0.3261
<i>Meringis arachis</i>	1	0.0043	0.0000	-0.0236
<i>Meringis vitabilis</i>	8	0.0348	0.0012	-0.1168
<i>Orchopeas agilis</i>	35	0.1522	0.0232	-0.2865
<i>Orchopeas leucopus</i>	11	0.0478	0.0023	-0.1454
<i>Orchopeas</i> sp.	1	0.0043	0.0000	-0.0236
<i>Pleochaetis exilis</i>	4	0.0174	0.0003	-0.0705
<i>Polygenis gwyni</i>	8	0.0348	0.0012	-0.1168
<i>Polygenis martinezbaezi</i>	4	0.0174	0.0003	-0.0705
<i>Polygenis</i> sp.	1	0.0043	0.0000	-0.0236
<i>Thrassis aridis campestris</i>	13	0.0565	0.0032	-0.1624
Total	230	-	0.3457	-1.5676

Cuadro 6. Lista de especies de Sifonápteros en dos localidades en Durango, México, donde (S) número de individuos, (Pi) abundancia relativa, (Sim) Índice de Simpson e (Shn) Índice de Shannon fueron calculados por localidad

Especies de Siphonaptera	S	Pi	Sim	Shn
La Zarca				
<i>Anomiopsyllus durangoensis</i>	1	0.0034	0.0000	-0.0192
<i>Meringis agilis</i>	10	0.0338	0.0011	-0.1145
<i>Meringis altipecten</i>	175	0.5912	0.3495	-0.3107
<i>Meringis arachis</i>	14	0.0473	0.0022	-0.1443
<i>Meringis bilsingi</i>	1	0.0034	0.0000	-0.0192
<i>Meringis sp.</i>	9	0.0304	0.0009	-0.1062
<i>Meringis vitabilis</i>	2	0.0068	0.0000	-0.0338
<i>Orchopeas leucopus</i>	14	0.0473	0.0022	-0.1443
<i>Pleochaetis exilis</i>	47	0.1588	0.0252	-0.2922
<i>Thrassis aridis campestris</i>	23	0.0777	0.0060	-0.1985
Total	296	-	0.3874	-1.3830
Tlahualilo				
<i>Meringis agilis</i>	5	0.1042	0.0109	-0.2356
<i>Meringis arachis</i>	3	0.0625	0.0039	-0.1733
<i>Meringis bilsingi</i>	9	0.1875	0.0352	-0.3139
<i>Meringis sp.</i>	6	0.1250	0.0156	-0.2599
<i>Meringis vitabilis</i>	4	0.0833	0.0069	-0.2071
<i>Orchopeas leucopus</i>	20	0.4167	0.1736	-0.3648
<i>Thrassis aridis campestris</i>	1	0.0208	0.0004	-0.0807
Total	48	-	0.2465	-1.6352



Gráfica 9. Comparación de la riqueza de especies de pulgas por sitio mediante curvas de rarefacción. En los cuatro sitios de estudio en los estados de Chihuahua y Durango, México. Las líneas punteadas representan el \pm de los valores con intervalos de confianza del 95 %, generados por medio de 1000 repeticiones.



Grafica 10. Comparación de la dominancia de especies de pulgas por sitio mediante curvas de rarefacción. En los cuatro sitios de estudio en los estados de Chihuahua y Durango, México. Las líneas punteadas representan el \pm de los valores con intervalos de confianza del 95 %, generados por medio de 1000 repeticiones.

más bajos.

Índice de Similitud de Jaccard para Siphonaptera (Pulgas)

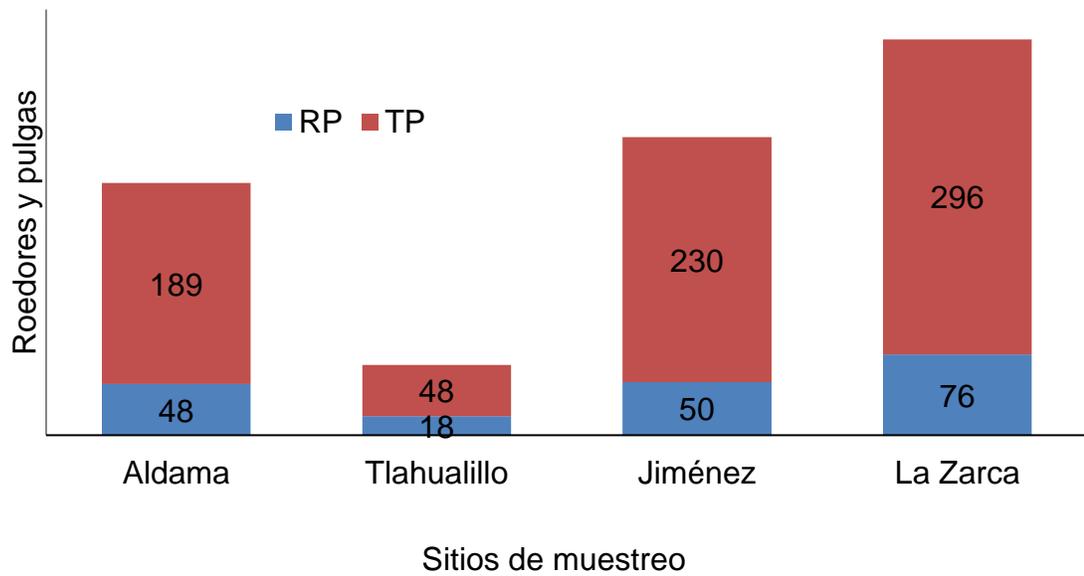
El índice de Jaccard evalúa el grado de similitud de la composición de especies de pulgas entre las localidades de estudio. Los índices mostraron valores distintos en comparación con los valores de los roedores. El porcentaje más alto de similitud (70 %) con siete especies en común y tres especies diferentes es entre Tlahualillo y la Zarca y el más bajo (25 %) fue entre Jiménez y la Zarca con tan solo cuatro especies en común y doce especies distintas (Cuadro 7).

Diversidad de Siphonaptera (pulgas) y Rodentia (roedores)

De un total de 537 roedores capturados, 192 estaban parasitados por una o más pulgas. El número de individuos de pulgas es mayor conforme aumenta el número de individuos de roedores examinados pero a pesar de ser un comportamiento predecible la cantidad de especies identificadas no esta relacionada con este dato; ya que Tlahualillo con tan solo 48 pulgas colectadas registra un total de siete especies en solo 18 roedores parasitados y Aldama que tiene más pulgas colectadas y más roedores parasitados registro seis especies de pulgas (Gráfica 11), sin embargo, los índices de Shannon y Simpson muestran que la localidad de Tlahualillo es más diversa que los otros sitios, esto puede ser debido a que los parásitos se distribuyen de forma heterogénea en las especies de mamíferos ya que algunas presentan una o más especies de pulgas y otras albergan una sola especie con un mayor número de individuos (Poulin, 1998), es decir, que Tlahualillo tiene una baja dominancia de pulgas. Brinkerhoff *et al.* (2006) analizaron la interacción de

Cuadro 7. Comparación de valores de similitud (%) obtenidos con el índice de Jaccard para Siphonaptera (pulgas) en cuatro localidades de Chihuahua y Durango, México

Comparación	%
Aldama vs. Jiménez	35.71
Aldama vs. Tlahualillo	60.00
Aldama vs. la Zarca	44.44
Jiménez vs. Tlahualillo	43.75
Jiménez vs. La Zarca	25.00
Tlahualillo vs. La Zarca	70.00

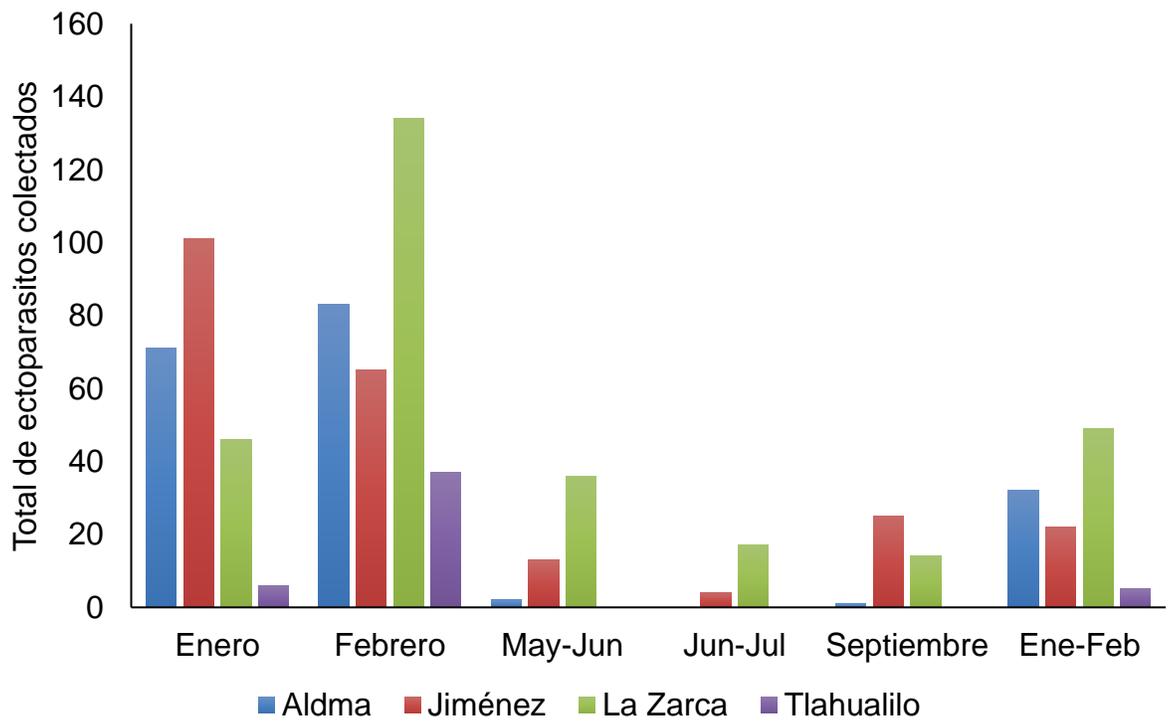


Gráfica 11. Número de roedores parasitados (RP) y total de pulgas recolectadas (TP) en los ecosistemas de matorral y pastizal en los estados de Chihuahua y Durango, México.

pulgas con perritos de la pradera (*Cynomys ludovicianus*), donde se colectaron 1,722 pulgas, en 153 Perritos de la pradera y encontraron dos especies de pulgas que sobresalían ya que eran igualmente abundantes (*Oropsylla hirsuta* y *O. tuberculata cynomuris*), esto sugiere que no compiten entre sí por recursos ni espacio. A diferencia de la localidad de Tlahualilo en donde se identificaron diferentes especies de pulgas en pocas especies de roedores. La heterogeneidad puede deberse a una respuesta inmune o de resistencia del hospedero en donde la reacción a una especie de pulga puede hacer que disminuya o aumente la carga de otras especies de pulgas en el hospedero (Marshall, 1981, Khokhlova *et al.*, 2004).

Por otro lado la distribución estacional de los parásitos colectados muestra un patrón, en el cual todos los sitios de estudio presentan valores más altos en los meses más fríos (enero y febrero) con más de 100 individuos por muestreo, mientras que en Tlahualillo estos meses fríos fueron los únicos meses donde se colectaron parásitos dejando los meses de junio y septiembre sin pulgas recolectadas (Gráfica 12). Este hecho contrasta con estudios que indican que los endo y ectoparásitos son más abundantes durante los meses cálidos y húmedos (Cattadori *et al.*, 2006), siendo los meses de primavera y verano. Sin embargo, estudios acerca de la dinámica de las poblaciones de endoparásitos con roedores microtininos (*Clethrionomys glareolus* y *C. rutilus*) encontraron que también existen picos de abundancia durante el invierno (Haukisalmi *et al.*, 1988).

También los datos reflejaron que en tres de los sitios, las pulgas hembras representan casi el doble de la cantidad de machos identificados. Para la Zarca



Gráfica 12. Rango de abundancias de individuos de las especies de pulgas en las localidades de Chihuahua y Durango, México.

existe una diferencia menor entre machos y hembras, pero de igual forma estas superan en número a los machos, en cambio, en los roedores, la mayoría fueron machos de acuerdo con lo reportado por Perkins *et al.* (2003). Una hipótesis refiere que las pulgas son capaces de distinguir el sexo del hospedero además del estado reproductivo, generando beneficios en la alimentación del parásito (Rothschild y Ford 1964) (Gráfica 13).

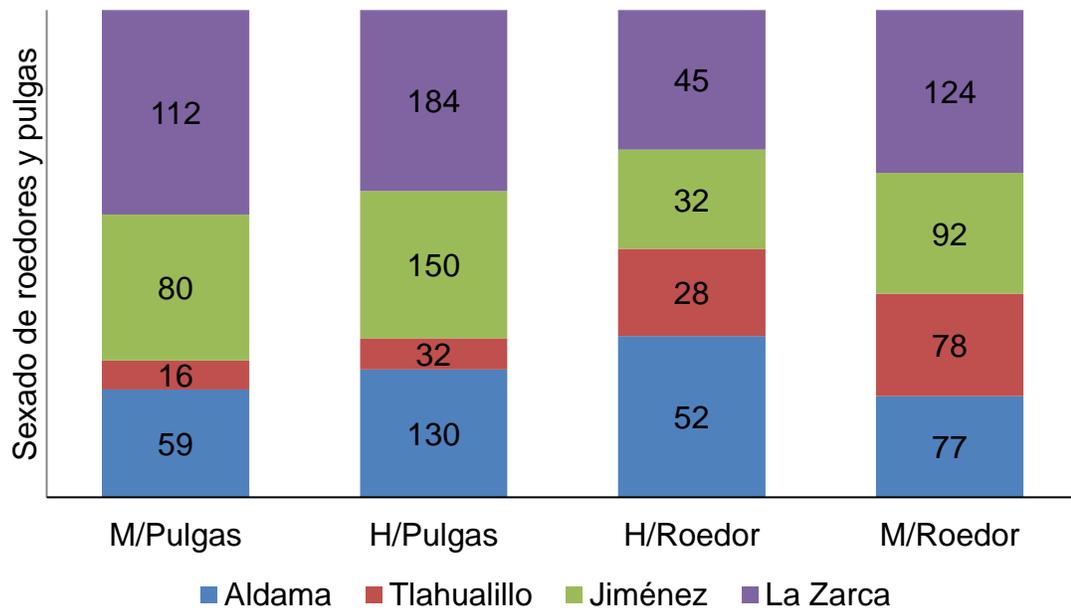
Prevalencia de Parásitos

En Aldama, tres de los seis taxa de roedores (*C. eremicus*, *D. merriami* y *Peromyscus* sp.) fueron parasitados. *Meringis altipecten* presentó la prevalencia más alta en las tres especies con 33.33 %, 58.62 % y 66.67 % respectivamente.

En Jiménez, 10 de las 13 especies registradas fueron parasitadas, algunas tuvieron una prevalencia del 100 % como *D. Ordii* y *Onychomys arenicola* entre otras, debido a que sólo estaban parasitadas por una especie de pulga, y otras especies como *N. leucodon* y *S. leucotis* registraron más de cuatro especies de pulgas (Cuadro 8).

En Tlahualillo, cuatro de las seis especies estuvieron parasitadas. Las prevalencias más altas fueron de *Meringis agilis* con 13.33 % en *D. merriami* y *Orchopeas leucopus* con 36 % y 40 % en *Peromyscus* sp.

Por último, en la localidad de la Zarca, nueve de catorce especies estuvieron infestadas por pulgas, las prevalencias varían desde el 100 % como *Meringis altipecten* y *Orchopeas leucopus* en *Peromyscus maniculatus*, 40.91 % de prevalencia de *Pleochaetis exilis* y de 4.55 % de *Anomiopsyllus durangoensis* en *Onychomys arenicola* (Cuadro 9).



Gráfica 13. Número de pulgas hembras (H/pulgas) y machos (M/Pulgas) y total de roedores hembras (H/Roedor) y machos (M/roedores) en los cuatro sitios de muestreo en de Chihuahua y Durango, México.

Cuadro 8. Especies de roedores parasitados por especies de pulgas y el porcentaje (%) de prevalencia en Chihuahua, México. La prevalencia se estima con el número total de la especie hospedera (roedor) entre el IPP (Individuos parasitados) con una o más especies de pulgas

Especie de Roedor	Total	IPP	Especie de pulga	Prevalencia
			Aldama	
<i>Chaetodipus eremicus</i>	3	1	<i>Meringis altipecten</i>	33.33
		34	<i>Meringis altipecten</i>	58.62
		6	<i>Meringis</i> sp.	10.34
		16	<i>Meringis vitabilis</i>	27.59
<i>Dipodomys merriami</i>	58	1	<i>Pleochaetis exilis</i>	1.72
		1	<i>Thrassis aridis campestris</i>	1.72
		1	<i>Orchopeas leucopus</i>	16.67
		1	<i>Meringis vitabilis</i>	16.67
<i>Peromyscus</i> spp.	6	1	<i>Meringis</i> sp.	16.67
		6	<i>Meringis altipecten</i>	66.67
			Jiménez	
<i>Chaetodipus eremicus</i>	10	1	<i>Pleochaetis exilis</i>	10
		1	<i>Thrassis aridis campestris</i>	10
		13	<i>Meringis altipecten</i>	100
<i>Dipodomys merriami</i>	13	2	<i>Meringis vitabilis</i>	15.38
<i>Dipodomys ordii</i>	1	1	<i>Meringis altipecten</i>	100
<i>Mus musculus</i>	1	1	<i>Jellisonia ironsi</i>	100
		1	<i>Orchopeas leucopus</i>	100
		8	<i>Anomiopsyllus durangoensis</i>	61.54
<i>Neotoma leucodon</i>	13	6	<i>Orchopeas agilis</i>	46.15
		1	<i>Orchopeas leucopus</i>	7.69
		1	<i>Orchopeas</i> sp.	7.69
<i>Onychomys arenicola</i>	3	3	<i>Meringis altipecten</i>	100
		1	<i>Meringis vitabilis</i>	33.33
<i>Peromyscus eremicus</i>	8	4	<i>Meringis altipecten</i>	50
		2	<i>Orchopeas agilis</i>	25
		4	<i>Meringis altipecten</i>	26.67
<i>Peromyscus</i> spp.	15	1	<i>Meringis arachis</i>	6.67
		1	<i>Orchopeas agilis</i>	6.67
<i>Reithrodontomys zacateae</i>	3	1	<i>Orchopeas leucopus</i>	33.33
		1	<i>Orchopeas agilis</i>	25
		1	<i>Polygenis gwyni</i>	25
<i>Sigmodon leucotis</i>	4	1	<i>Polygenis martinezbaezi</i>	25
		1	<i>Polygenis</i> sp.	25

Cuadro 9. Especies de roedores parasitados por especies de pulgas y el porcentaje (%) de prevalencia en Durango, México. La prevalencia se estima con el número total de la especie hospedera (roedor) entre el IPP (Individuos parasitados) con una o más especies de pulgas

Especie de Roedor	Total	IPP	Especie de pulga	Prevalencia
		Tlahualilo		
		2	<i>Meringis</i> sp.	8
<i>Chaetodipus eremicus</i>	25	2	<i>Meringis vitabilis</i>	8
		2	<i>Meringis agilis</i>	13.33
		1	<i>Meringis bilsingi</i>	6.67
		3	<i>Meringis</i> sp.	20
<i>Dipodomys merriami</i>	15	1	<i>Meringis vitabilis</i>	6.67
		1	<i>Meringis arachis</i>	9.09
		1	<i>Meringis vitabilis</i>	9.09
		4	<i>Orchopeas leucopus</i>	36.36
<i>Peromyscus</i> spp.	11	1	<i>Thrassis aridis campestris</i>	9.09
		1	<i>Meringis bilsingi</i>	20
<i>Peromyscus eremicus</i>	5	2	<i>Orchopeas leucopus</i>	40
		La Zarca		
		2	<i>Meringis agilis</i>	11.11
		1	<i>Meringis altipecten</i>	5.56
		2	<i>Meringis bilsingi</i>	11.11
		2	<i>Meringis</i> sp.	11.11
		1	<i>Meringis vitabilis</i>	5.56
<i>Chaetodipus eremicus</i>	18	1	<i>Pleochaetis exilis</i>	5.56
		22	<i>Meringis altipecten</i>	50
		1	<i>Meringis arachis</i>	2.27
		1	<i>Meringis vitabilis</i>	2.27
		1	<i>Pleochaetis exilis</i>	2.27
<i>Dipodomys merriami</i>	44	2	<i>Thrassis aridis campestris</i>	4.55
		2	<i>Meringis altipecten</i>	50
		1	<i>Meringis</i> sp.	25
<i>Dipodomys nelsoni</i>	4	1	<i>Thrassis aridis campestris</i>	25
<i>Dipodomys ordii</i>	3	3	<i>Meringis altipecten</i>	100
		2	<i>Meringis altipecten</i>	20
		4	<i>Meringis arachis</i>	40
<i>Dipodomys spectabilis</i>	10	3	<i>Meringis</i> sp.	30
		1	<i>Meringis agilis</i>	4.55
		7	<i>Meringis altipecten</i>	31.82
		9	<i>Pleochaetis exilis</i>	40.91
<i>Onychomys arenicola</i>	22	1	<i>Anomiopsyllus durangoensis</i>	4.55
		1	<i>Meringis altipecten</i>	50
		2	<i>Orchopeas leucopus</i>	100
<i>Peromyscus eremicus</i>	2	1	<i>Pleochaetis exilis</i>	50
		1	<i>Meringis altipecten</i>	100
<i>Peromyscus maniculatus</i>	1	1	<i>Orchopeas leucopus</i>	100
		8	<i>Meringis altipecten</i>	40
		7	<i>Orchopeas leucopus</i>	35
		1	<i>Pleochaetis exilis</i>	5
<i>Peromyscus</i> spp.	20	1	<i>Meringis</i> sp.	5

Perkins (2003) menciona que en algunas especies las altas prevalencias puede explicarse porque la mayoría de las capturas de roedores fueron machos, como se menciono anteriormente existen hipótesis que sugieren que las pulgas son capaces de distinguir el sexo y estado reproductivo del hospedero eligiendo aquellos individuos que les brinden mayores beneficios de alimento (Rothschild y Ford 1964).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La familia de roedores más abundante fue Heteromyidae y la especie más abundante en todas las localidades fue *D. merriami* seguida de las especies del género *Cheatodipus* que habitan en zonas áridas con especies de flora dominante arbustiva como *L. tridentata* y *P. glandulosa*.

Los sitios con mayor diversidad de especies vegetales registraron más especies de roedores, por lo que la asociación con el tipo de vegetación es directa. En donde existen estructuras vegetales más complejas se encuentran diferentes tipos de microhábitats donde se establecen una mayor cantidad de especies en comparación a aquellos que son más simples. Otra variable importante puede ser el tipo de suelo ya que se encontraron dos especies endémicas (*Reithrodontomys zacateae* y *Sigmodon leucotis*) en Jiménez y tres (*Reithrodontomys zacateae*, *Sigmodon leucotis* y *Dipodomys nelsoni*) en La Zarca, cuyos suelos son mas arcillosos que arenosos y al parecer podría ser un determinante para la distribución de estas especies que además fueron poco frecuentes en el estudio y es importante promover su conservación.

Las especies mas abundantes de pulgas fueron *Meringis altipecten*, *Meringis vitabilis* y *Pleochaetis exilis*, se puede decir que las características morfológicas y hábitos del huésped son determinantes para la selección de estos parásitos. En comparación con los índices de diversidad de roedores que Tlahualilo y Aldama fueron los mas bajos, la riqueza de pulgas mas alta fue en Tlahualilo que solo tubo 18 roedores parásitados, pero con 7 especies identificadas en 4 especies de roedores. El que se hayan capturado mayor cantidad de roedores y sea proporcional a la cantidad capturada de pulgas no

significa que sea mas diverso puesto que un roedor puede tener una especie de pulgas en gran cantidad o diferentes especies de pulgas. Esto se debe a que los parasitos se distribuyen de una forma heterogénea.

Se recomienda continuar como línea de investigación la ecología de parásitos y sus hospederos, con la finalidad de profundizar en el conocimiento de los factores que gobiernan su distribución. También se reconoce la importancia de generar proyectos para conocer la distribución de la flora y fauna de las regiones desérticas de México. Los beneficios que traen su protección y conservación deben ser resaltados, no solo a nivel nacional como regularmente se maneja sino también a nivel local.

Las asociaciones ectoparásito-mamífero necesitan ser estudiadas a profundidad, las asociaciones directas que tienen con el huésped pueden ayudar a comprender el funcionamiento e importancia que tienen estos en la salud de las comunidades faunísticas. Existen múltiples preguntas e hipótesis a probar relacionadas con los factores que intervienen en las cargas parasitarias, preferencias de especies y sexo del huésped, sin embargo, es necesario hacer un muestreo dirigido a investigar estas interacciones que sea de mayor duración para identificar el tipo de relación que tienen con las variables ambientales como el clima, suelo, entre otros. La abundancia de parásitos fue notoria en invierno (enero y febrero), además aquellas especies de mayor talla como *D. merriami*, *D. spectabilis* y *N. leucodon* mostraron mayor cantidad de ectoparásitos por lo que se recomienda analizar dicha relación.

Es importante indagar en las interacciones que tienen las especies de roedores con su ambiente, es decir, vegetación y clima, con otras especies de

invertebrados y vertebrados, y de que forma las actividades humanas influyen en la abundancia y diversidad de parásitos en sus huéspedes. Es significativo que los futuros estudios tomen en cuenta la mayor cantidad de variables posibles en un tiempo conveniente para poder comprender el comportamiento de las especies de pulgas. Estos organismos pueden llegar a ser importantes portadores de enfermedades y debido a que interactúan con animales domésticos y ferales el ampliar su conocimiento es esencial.

LITERATURA CITADA

- Acosta, R. 2014. Biodiversidad de Siphonaptera en México. Rev. Mex. Biodivers. 85:345-352.
- Acosta, R. y J. A. Fernández. 2009. A new species of Anomiopsyllus; Baker 1904 (Insecta: Siphonaptera) and noteworthy records of fleas from Nelson's woodrat, *Neotoma nelsoni* (Rodentia: Cricetidae), in the Oriental Basin, México. J. Parasitol. 95: 532-535.
- Acosta, R. y J. A. Fernández. 2015. Diversidad de pulgas y prevalencia en roedores de zonas áridas en la Cuenca Oriental, México. Rev. Mex. Biodivers. 86:981-988.
- Bajer, A., M. Alsarraf, M. Bednarska, E. M. E. Mohallal, E. J. Mierzejewska, J. Behnke-Borowczyk, S. Zalat, F. Gilbert y R. Welc-Faleciak. 2014. *Babesia behnkei* sp. nov., a novel *Babesia* species infecting isolated populations of Wagner's gerbil, *Dipodillus dasyurus* from the Sinai Mountains, Egypt. Parasit. Vectors. 7:572 (Abstract).
- 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.
- Bautista-Hernández, C. E., S. Monks y P. Pulido-Flores. 2013. Los parásitos y el estudio de su biodiversidad: un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies. 1 ed. Zea Books, Lincoln, Nebraska, EUA.
- Bazan-Leon, E. A., M. Larechi, J. Sanchez, G. Soto-Nilo, I. Lazzoni, C. I. Venegas, Y. Poblete y R. A. Vásquez. 2013. Fleas associated with non-flying small mammal communities from northern and central Chile: with new host and locality records. Med. Vet. Entomol. 27:450-459.
- Beaucournu, J. C. y M. H. Gallardo. 1991. Siphonapteres du Chili; description de 4 especies nouvelles (Siphonaptera). Bulletin de la Societe Entomologique de France. 96:185-203.
- Begon, M., J. L. Harper y C. R. Townsend. 1990. Ecology: Individuals, populations, and communities. Blackwell Scientific Publishing Co. Oxford, E.U.A.
- Brinkerhoff, J. A., A. B. Markeson, J. H. Knouft, K. L. Gage y J. A. Montenieri. 2006. Abundance patterns of two *Oropsylla* (Ceratophyllidae: Siphonaptera) species on black-tailed prairie dog (*Cynomys ludovicianus*) hosts. J. Vector Ecol. 31:355-363

- Brown, J. H. y G. A. Liebermann. 1973. Resource utilization and coexistence of seed eating desert rodents in sand dune habitats. *Ecology*. 54:788-797.
- Busch, M. y F. O. Kravetz. 1992. Competitive interactions among rodents (*Akodon azarae*, *Calomys laucha*, *Calomys musculinus* and *Oligoryzomys flavescens*) in two habitat systems. Spatial and numerical relationship. *Mammalia*. 56:45-56.
- Campo, A. M. y V. S. Duval. 2014. Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Anales de Geografía*. 34: 25-42.
- Cattadori, I. M., V. Haukisalmi, H. Henttonen y P. J. Hudson. 2006. Transmission ecology and the structure of parasite communities in small mammals. In: S. Morand, B. R. Krasnov y P. J. Hudson eds. *Micromammals and macroparasites. From evolutionary ecology to management*. Springer-Verlag, Tokyo.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México, pasado, presente y futuro de México. 1a ed. CONABIO, Instituto de Biología, UNAM, Agrupación Sierra Madre. México.
- Chapman, A. D. 2009. Numbers of living species in Australia and the world. 2a ed. Australian Government Publishing Co. Canberra, AU.
- Colwell, R. K., C. X. Mao y J. Chang. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence based species accumulation curves. *Ecology*. 85:2717-2727.
- Combes, C. 2001. *Parasitism: The Ecology and Evolution of Intimate Interactions*. 1 ed. University of Chicago Publishing. Co. Chicago, E.U.A.
- COTEOCA. 1978. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostaderos. SARH. Chihuahua, México.
- COTEOCA. 1979. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostaderos. SARH. Durango, México
- Custer, J. W. y D. B. Pence. 1978. Ectoparasites of the ringtail, *Bassariscus astutus*, from West Texas. *J. Med. Entomol.* 15:132–133.
- Desmond, M. y J. A. Montoya. 2006. Status and distribution of Chihuahuan Desert grasslands in the United States and Mexico. *Proc. RMRS*. 40:17-25.
- Estrada-Castillon, E. y J. A. Villareal-Quintanilla. 2010. Flora del estado de Chihuahua, México. *Acta Bot. Mex.* 92:51-118.

- Fain, A. 1978. Mites of the family Myobiidae (Acarina: Prostigmata) from mammals in the collection of the British Museum (Natural History). *Bull Br. Mus.* 33:193-229
- Feldhamer, G. A., L. C. Drickamer, S. H. Vessey, J. F. Merritt y C. Krajewski. 2007. *Mammalogy. Adaptation, Diversity, Ecology.* 1a ed. John Hopkins University Publishing Co. E.U.A.
- Fernández, J. A., M. S. Hafner, D. J. Hafner y F. A. Cervantes 2014. Conservation status of rodents of the families Geomyidae and Heteromyidae of Mexico. *Rev. Mex. Biodivers.* 85:576-588.
- Ford, P. L., R. A. Fagerlund, D. W. Duszynski y P. J. Polechla. 2004. Fleas and lice of mammals in New Mexico. *Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-123.* Fort Collins, CO: U.S.
- Freeland, W. J. 1979. Primate social groups as biological islands. *Ecology.* 60:719-728.
- García-Mendoza, D. F. y C. López-González. 2013. A checklist of the mammals (Mammalia) of Durango. *Check List.* 9:313-322.
- GECh. 2013. Gobierno del Estado de Chihuahua. Cartografía de uso de suelo y vegetación del Estado de Chihuahua, Escala 1:50,000. En <http://www.chihuahua.gob.mx/atach2/sdr/uploads/informeFinalCartografia.pdf>. Consultado 28 septiembre 2016.
- Gómez-Ortiz, Y., O. Monroy-Vilchis y G. D. Mendoza-Martínez. 2015. Feeding interactions in an assemblage of terrestrial carnivores in central México. *Zool. Stud.* 54:16.
- Gonzales-Romero, A. 1995. Cambios en la composición de las comunidades de roedores en relación a los tipos de vegetación y geomorfología en el Pinacate, Sonora, México. *Acta Zool. Mex.* 64:45-58.
- González-Medrano, F. 2013. Las comunidades vegetales de México. Propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México. 1 ed. Editorial Instituto Nacional de Ecología. México.
- Gotelli, N. J. y A. M. Ellison. 2013. Null modeling software for ecologists. *EcoSimR* 1.00. Disponible en <http://www.uvm.edu/~ngotelli/EcoSim/EcoSim.html>. Consultado 25 Marzo 2017.
- Granados- Sánchez, D., A. Sánchez-Gonzales, R. L. Granados-Victoriano y A. Borja de la Rosa. 2011. Vegetation ecology of the Chihuahuan desert. *Rev. Chapingo.* 17:111-130.

- Gunn, A. y S. J. Pitt. 2012. Arthropod parasites. In: Parasitology, an integrated approach. Wiley Blackwell. U.K.
- Gurney, C. M., L. R. Prugh y J. S. Brashares. 2015. Restoration of native plants is reduced by rodent-caused soil disturbance and seed removal. *Rang Ecol Manag.* 68:359-366.
- Hafner, D. J., J. C. Hafner y M. S. Hafner. 1984. Skin-plus-skeleton preparation as the standard mammalian museum specimen. *Curator.* 27:141-145.
- Hall, E. R. 1981. *The Mammals of North America.* 1 ed. John Wiley and Sons Publishing Co. New York, E.U.A.
- Haukisalmi, V., H. Henttonen y F. Tenora. 1988. Populations dynamics of common and rare helminths in cycle vole populations. *J. Animal Ecol.* 57:807-825.
- Haule, M., E. E. Lyamuy, B. M. Hang'ombe, B. S. Kilonzo y M. I. Matee. 2013. Investigation of fleas as vectors in the transmission of plague during a quiescent period in North-Eastern, Tanzania. *J. Entomol. Nematol.* 5:88-93
- Hernández-Sánchez, A., A. Santos-Moreno y G. Pérez-Irineo. 2017. Abundance of mesocarnivores in two vegetation types in the southeastern region of Mexico. *Southwest. Nat.* 62:101-108.
- Herrick, E. J., J. W. Van Zee, K. M. Havstad, L. M. Burkett y W. G Whitford. 2005. *Monitoring manual for grassland, shrubland and savanna ecosystems Volume I: Quick Start.* USDA – ARS Jornada Experimental Range Las Cruces, New Mexico, E.U.A.
- Holbrook, S. S. 1978. Habitat relationships and coexistence of four sympatric species of *Peromyscus* in Northwestern New Mexico. *J. Mammal.* 59:18-26.
- Hongkuan, D., D. Le Rhun, J. P. R Buffet, V. Cotté, A. Read, R. J. Birtles y M. Vayssier-Taussat. 2012. Strategies of exploitation of mammalian reservoirs by *Bartonella* species. *J. Vet. Med. Res.* 43:15.
- Hooper, D. U., F. S. Chapin III, J. J. Ewel, A. Hector, P. Inchausti, S. Lavorel J. H. Lawton, D. M. Lodge, M. Loreau Naeem, B. Schmid, H. Setälä, A. J. Symstad, J. Vandermeer y D. A. Wardle. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol. Monogr.* 75:3-35.
- Hoyt, A. C. 2002. The Chihuahuan Desert: Diversity at risk. *Endangered Species Bulletin.* 27:16-17.

- INAFED. 2015. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Chihuahua. En: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM08chihuahua/municipios/08061a.html>. Consultado 25 Octubre 2015.
- INAFED. 2015. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Durango. En: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM10durango/municipios/10036a.html>. Consultado 25 octubre 2015.
- INEGI. 2003. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Chihuahua. S.L.:S.N.
- IUCN. 2016. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2016-2. En: <http://www.iucnredlist.org>. Consultado 8 Enero 2016.
- Johnson, D. H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resources preference. *Ecology*. 61:65-71.
- Jones, K. E. y K. Safi. 2011. Ecology and evolution of mammalian biodiversity. *Philos. Trans. Phys. Sci. Eng.* 366:2451-2461.
- Kelt, D. A. 2011. Comparative ecology of desert small mammals: a selective review of the past 30 years. *J. Mammal.* 92:1158-1178.
- Kent, M. y P. Coker 1992. *Vegetation description and analysis. A practical approach.* CRC Press. Florida, U.S.A.
- Khokhlova, I. S., M. Spinu y B. R. Krasnov. 2004. Immune responses to fleas in two rodent species differing in natural prevalence of infestation and diversity of flea assemblages. *Parasitol. Res.* 94:304-311.
- Kotler, B. P. y Brown, J. S. 1988. Environmental heterogeneity and the coexistence of desert rodents. *Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 19:281-307.
- Kotti, B. K. 2016. Fleas (Siphonaptera) associated with mammals and birds in the Ciscaucasia. *Entomol. Rev.* 96:1108-1114.
- Krasnov, B. R. 2008. *Functional and evolutionary ecology of fleas, a model for ecological parasitology.* 1ed. Cambridge University Publishing Co. New York, E.U.A.
- Krebs, C. J. 1978. *The experimental analysis of distribution and abundance.* 1a ed. Harper y Row Publishing Co. Nueva York, E.U.A.
- Krenn, H. W. y H. Aspöck. 2012. Form, function and evolution of the mouthparts of blood-feeding Arthropoda. *Arthropod Struct Dev.* 41:101-118.

- Lawrence, A. L., S. F. Hii, D. Jirsová, L. Panáková, A. M. Ionica, K. Gilchrist y D. Modrý. 2015. Integrated morphological and molecular identification of cat fleas (*Ctenocephalides felis*) and dog fleas (*Ctenocephalides canis*) vectoring *Rickettsia felis* in central Europe. *Vet Parasitol* 210:215-223.
- Lewis, R. E. 1993. Notes on the geographical distribution and host preferences in the order Siphonaptera. New taxa described between 1984 and 1990, with a current classification on the order. *Environ. Entomol.* 30:239-256.
- Lewis, R. E. y J. H. Lewis. 1985. Notes on the geographical distribution and host preferences in the order Siphonaptera. *J. Med. Entomol.* 22:134-152.
- Linardi, M. P. y L. R. Guimarães. 2000. Sifonápteros do Brasil. Museu de Zoologia. São Paulo, Brasil.
- Linares, O. 1998. Mamíferos de Venezuela. Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela, Caracas. Venezuela.
- López-González, C. y D. F. García-Mendoza. 2012. A checklist of the mammals (Mammalia) of Chihuahua. *Check List.* 8:1122-1133.
- Maclaurim, J. y K. Sternelny. 2008. What's is biodiversity? 1a ed. The University of Chicago Publishing Co. Chicago, E.U.A.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. 1a ed. Princeton University Publishing Co. New Jersey, E.U.A.
- Magurran, A. E. 2004. Ecological diversity and its measurement. Blackwell Publishing. Oxford, UK.
- Mao, C. X., R. K. Colwell y J. Chang. 2004. Estimating species accumulation curves using mixtures. Technical report, Department of Statistics, University of California, Riverside, Publishing Co. California, E.U.A.
- Margalef, R. 1995. Aplicaciones del caos determinista en ecología. Universidad de Barcelona publicaciones. Barcelona, España.
- Marshall, A. G. 1981. The Ecology of ectoparasitic insects. 1a ed. Academic Publishing Co. Londres, U.K.
- Martínez-Meyer, E., J. E. Sosa-Escalante y F. Álvarez. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección?. *Rev. Mex. Biodivers.* 85:1-9.
- Matteucci, S. D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaria General de la O.E.A. Serie de Biología: Monografía no. 22. Washington, D.C., E.U.A.

- M'Closkey, R. J. y B. Fieldwick. 1975. Ecological separation of sympatric rodents (*Peromyscus and Microtus*). J. Mamm. 56:119-129.
- Medvedev, S. G. y B. K. Kotti. 2013. Host associations and origin in the formation of the Caucasian fauna of fleas (Siphonaptera). Entomol. Rev. 93:293-308.
- Medvedev, S. G. 2005. An attempt of a system analysis of the evolution of fleas (Siphonaptera). Meetings in memory of N.A. Cholodkovsky. Russian Entomological Society, Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, St Petersburg.
- Milazzo, M. L. 2012. Geographic distribution of hantaviruses associated with Neotomine and Sigmodontine rodents, Mexico. J. Emerg. Infect. Dis. 18: 571-576.
- Morafka, D. J. 1977. A biogeographical analysis of the Chihuahua desert through its herpetofauna. Dr. W. Junk B. V. The Hague Publishing. Co. E.U.A.
- Morales, M. B. y J. Traba. 2009. Compromisos adaptativos en la selección de hábitat de aves esteparias. En: Adaptación y Evolución. 150 años después del Origen de las Especies, Dopazo, H. y Navarro, A. 1a ed. Editorial SESBE. Madrid, España.
- Morales, M. B., J. Traba, E. Carriles, M. P. Delgado y E. L. García de la Morena. 2008. Sexual differences in microhabitat selection of breeding little bustards *Tetrax tetrax*: ecological segregation based on vegetation structure. Acta Ecológica. 34:345-353.
- Morand, S., R. K. Krasnov y R. Poulin. 2006. Micromammals and macroparasites from evolutionary ecology to management. 1ed. Springer Publishing, Japan.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. 1 ed. GORFI, S. A. Publicada en España.
- Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible.
- Mullen, G. y L. Durden. 2009. Medical and veterinary entomology. 2a ed. Academic Publishing Co. E.U.A.
- Mun, H. T. y W. G. Whitford. 1990. Factors affecting annual plant assemblages on banner-tailed kangaroo rat mounds. J. Arid Environ. 18:165-173.

- Muñoz-Pedrerros, A., S. Fletcher, J. Yañez y P. Sanchez. 2011. Diversidad de micromamíferos en tres ambientes de la Reserva Nacional Lago Peñuelas, Región de Valparaíso, Chile. *Guayana*. 74:1-11.
- Noss, R. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*. 4: 355-364.
- Ojasti, J. y F. Dallmeier. 2000. Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. Institution y MAB Biodiversity Program. Washington D.C.
- Orozco, J. A., M. S. Sánchez, M. Jaramillo y L. M. Hoyos. 2008. Frecuencia de *Ctenocephalides canis* y *Ctenocephalides felis* obtenidas de caninos infestados naturalmente en el valle de Aburrá. *Rev. CES Med. Vet. Zootec*. 3:73-77.
- Pérez, T. M., C. Guzmán-Cornejo, G. Montiel-Parra, R. Paredes-León y G. Rivas. 2014. Biodiversidad de ácaros en México. *Rev. Mex. Biodivers. Supl.* 85:399-407.
- Perez-Lustre, M., R. G. Contreras-Díaz y A. Santos-Moreno. 2006. Mamíferos del bosque mesofilo de montaña del municipio de San Felipe Usila, Tuxtepec, Oaxaca México. *Rev. Mex. Mastozool*.10:88-91.
- Perkins, S. E., I. M. Cattadori, V. Tagliapietra, A. P. Rizzoli y P. J. Hudson. 2003. Disease transmission through functional groups, non linear transmission of tick bone encephalitis through yellow-necked mice. *Int. J. Parasit.* 33:909-917.
- Pielou, E. C. 1980. Review on Grassle (1979). *Biometrics*. 36:742-743.
- Pita, R., A. Mira, F. Moreira, R. Morgado y P. Beja. 2009. Influence of landscape characteristics on carnivore diversity and abundance in Mediterranean farmland. *Agric Ecosyst Environ*.132:57-65.
- Poulin, R. 1998. Evolutionary ecology of parasites. 1a ed. Chapman y Hall Publishing Co. New York, E.U.A.
- Prince, F. M. 1944. Description of three new species of *Thrassis jordan* and the females of *T. bacchi* and *T. pansus*. *Pan-Pac. Entomol.* 20:13-19.
- Quintero, J. C., A. F. Londoño, F. J. Díaz, P. Agudelo-Flórez, M. Arboleda y J. D. Rodas. 2013. Ecoepidemiología de la infección por rickettsias en roedores, ectoparásitos y humanos en el noroeste de Antioquia, Colombia. *Biomédica*. 33:38-51.
- Reig, O. A. 1981. Teoría del origen y desarrollo de la fauna de mamíferos de América del Sur. *Monographiae Naturae*, Publicadas por el Museo Municipal de Ciencias Naturales. Lorenzo Scaglia, Plaza. España.

- Richerson, J. V., J. F. Scudday y S. P. Tabor. 1992. An ectoparasite survey of mammals in Brewster County, Texas, 1982–1985. *Southwest. Entomol.* 17:7-15.
- Ritzi, C. M. 2004. A Review of mammalian ectoparasites from the northern Chihuahuan desert. The Chihuahuan Desert Research Institute Publishing Co. Texas, E.U.A.
- Roon, S. R. 2014. Distribution and co-infection of microparasites and macroparasites in juvenile salmonids in three upper Willamette River tributaries. Tesis de Maestría. Oregon State University. E.U.A.
- Rothschild, M. 1975. Recent advances in our knowledge of the order Siphonaptera. *Annu. Rev. Entomol.* 20:241-259.
- Rothschild, M. y B. Ford. 1964. Breeding of the rabbit flea *Spilopsyllus cuniculi* (Dale) controlled by the reproductive hormones of the host. *Nature.* 201:103-104.
- Rueda-Salazar, A. M. y Z. Cano-Santana. 2009. Artropodofauna, Biodiversidad del Pedregal de San Ángel. Páginas 171-201. Universidad Nacional Autónoma de México, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y Coordinación de la Investigación Científica. *Diversidad Biologica e Inventarios.* D.F, México.
- Sánchez Salas, J. 2012. Cacto-flora de la zona árida y semiárida de Durango, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma De Nuevo León. Nuevo León, Linares. México.
- Sánchez-Cordero, V., F. Botello., J. J. Flores-Martínez., R. A. Gómez-Rodríguez., L. Guevara., G. Gutiérrez-Granados y A. Rodríguez-Moreno. 2014. Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Rev. Mex. Biodivers.* 85:497.504.
- Sandoval-Huerta, E. R., X. Madrigal-Guridi, L. H. Escalera-Vázquez, M. Medina Nava y O. Domínguez-Domínguez. 2014. Estructura de la comunidad de peces en cuatro estuarios del Pacífico mexicano central. *Rev. Mex. Biodivers.* 85:1184-1196.
- Santos-Moreno, A. 2008. Ecología de comunidades y poblaciones de pequeños mamíferos terrestres en tres estados suseccionales de bosque mesófilo de la montaña en la sierra Norte de Oaxaca, México. Tesis Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Sikes, R. S., W. L. Gannon y The Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists. 2011. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research. *J. Mammal.* 92: 235-253.

- Smit, F. G. A. M. 1957. Handbook for the identification of British insects (Siphonaptera). 1a ed. Royal Entomological Society of London Publishing Co. London, U. K.
- Sutton, A. 2000. El Desierto Chihuahuense, nuestro desierto. Fondo Mundial para la Naturaleza. URL:<http://www.pronatura.org>. Consultado 17 Abril 2016.
- Van Pelt, A. F. 1995. An Annotated inventory of the insects of Big Bend National Park, Texas. Big Bend National Park.
- Vargas, M. 1951. Notas acerca de las pulgas mexicanas (Insecta: *Suctoria*). Revista del Instituto de Salubridad de Enfermedades Tropicales.12:81-87.
- Virgós, E., J. L. Tellería y T. Santos. 2002. A comparison on the response to forest fragmentation by medium sized Iberian carnivores in central Spain. Biodivers. Conserv.11:4-7.
- Whitaker, J. O. y J. B. Morales-Malacara. 2005. Ectoparasites and other associates (Ectodytes) of mammals of Mexico. In: V. Sánchez-Cordero y R. Medellín eds. Contribuciones mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Conabio. México.
- Whitaker, J. O. Jr., W. J. Wrenn y R. E. Lewis. 1993. Parasites. In: H.H. Genoways and J. H. Brown, eds. Biology of the Heteromyidae.
- Whitford, W. G. 1978. Structure and seasonal activity of Chihuahuan desert ant communities. Insectes Sociaux. 25:79-86
- Whitford, W. G. y B. T. Bestelmeyer. 2006. Structure and function of Chihuahuan Desert ecosystem. The Jornada Basin Long-Term Ecological Research Site. Eds: K. Havstad, L. F. Huenneke, W. H. Schlesinger. Publishing Co. Oxford University, E.U.A.
- Whitford, W. G. y G. Ettershank. 1975. Factors affecting foraging activity in Chihuahuan desert harvester ants. Environ. Entomol. 4:689-696
- Whiting, M. F., A. S. Whiting, M. W. Hastriter y K. Dittmar. 2008. A molecular phylogeny of fleas (Insecta: Siphonaptera): Origins and host associations. Cladistics. 24:677-707.
- Wilson, E. O. 1992. The diversity of life. New York, Cambridge: Belknap 1 ed. WW Norton Publishing Co. E.U.A.
- Zapata, R. 2012. Artrópodos como ectoparásitos y vectores de microorganismos relacionados con el proceso de infección –salud–

enfermedad en animales de producción, animales de compañía y humanos. Hechos Microbiológicos. 3:63-66.

APÉNDICE

Apéndice 1 Lista de especies y grupos funcionales donde (F) es frecuencia, (CB) es composición botánica y (C) es cobertura basal

Especies	Lista de especies de especies											
	Aldama			La Zarca			Tlahualillo			Jiménez		
	F	CB	C	F	CB	C	F	CB	C	F	CB	C
<i>Acacia spp.</i>	0	0	0	51	20.4	10.2	21	11.864	4.2	0	0	0
<i>Aloysia wrightii</i>	5	1.56	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ambrosia spp</i>	0	0	0	1	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0
<i>Arbusto</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	20.36	11.2
<i>Bouteloua curtispindula</i>	2	0.62	0.4	3	1.2	0.6	0	0	0	0	0	0
<i>Bouteloua gracilis</i>	0	0	0	2	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0
<i>Cactacea</i>	13	4.06	2.6	0	0	0	3	1.69	0.6	0	0	0
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	0	0	0	2	0.8	0.4	0	0	0	3	1.09	0.6
<i>Dasyochola pulchella</i>	50	15.62	10	6	2.4	1.2	0	0	0	16	5.81	3.2
<i>Flourensia cernua</i>	0	0	0	59	23.6	11.8	0	0	0	0	0	0
<i>Fouquieria splendens</i>	22	6.87	4.4	0	0	0	0	0	0	2	0.727	0.4
<i>Graminea</i>	10	3.12	2	15	6	3	0	0	0	33	12	6.6
<i>Hierba</i>	32	10	6.4	24	9.6	4.8	16	9.03	3.2	24	8.72	4.8
<i>Koeberlinia spinosa</i>	0	0	0	31	12.4	6.2	0	0	0	3	1.09	0.6
<i>Larrea Tridentata</i>	169	52.81	33.8	39	15.6	7.8	0	0	0	79	28.72	15.8
<i>Muhlenbergia porteri</i>	9	2.81	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Opuntia spp.</i>	0	0	0	3	1.2	0.6	2	1.129944	0.4	10	3.636364	2
<i>Prosopis glandulosa</i>	8	2.5	1.6	14	5.6	2.8	135	76.27119	27	47	17.09091	9.4
<i>Yucca spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.727273	0.4
Suelo Denudo	106	0	21.2	198	79.2	39.6	233	0	46.6	147	0	29.4
Mat. Orgánica	58	0	11.6	50	20	10	90	0	18	78	0	15.6
Roca	16	0	3.2	2	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0