



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA

El cerdo asilvestrado (*Sus scrofa*) como modelo centinela para el estudio de la riqueza de garrapatas neotropicales en la región de Laguna de Términos, Campeche, México

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

ADÁN JAVIER TORRES MONROY

ASESORES:

DR. RAFAEL OJEDA FLORES

MVZ MC. BRENDA ALINE MAYA BADILLO

MVZ. GUILLERMO ORTA PINEDA



Ciudad Universitaria, Cd. Mx. Septiembre, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatoria

A mi abuela, mi segunda madre, quien murió durante la realización de este trabajo. Gracias por las enseñanzas, tus cuidados y tu amor. Sin ti no sería quien soy. Gracias a tu recuerdo, que en los momentos más complicados me ayudó a seguir y concluir este trabajo. Me hubiese encantado poder decirte que terminé.

A mi madre, gracias por todo el apoyo, amor y las exigencias a lo largo de estos años, por fin, aquí está la conclusión de todo este tiempo. Te amo.

A ti, gracias por todos estos años y todo lo que hay detrás de eso.

A toda la gente que me ha acompañado a lo largo de estos años, gracias por su cariño, consejos y por siempre alentarme a continuar, ustedes son familia.

Agradecimientos

A mis asesores:

Rafael Ojeda Flores. Gracias por siempre creer en mí, por siempre estar dispuesto a escuchar, por apoyarme en mis ideas y en mi vida personal, por siempre exigirme más, por transmitirme tus conocimientos y mostrarme un lado más humano de la ciencia.

Brenda Aline Maya Badillo y Guillermo Orta Pineda. Gracias por sus consejos desde antes de iniciar mi servicio social, por su apoyo incondicional durante la realización de este proyecto. Sin ustedes y sus enseñanzas este trabajo no sería lo que es. Gracias por exigirme para siempre dar más. Por último, gracias por su amistad.

A los tres les agradezco su paciencia, por ayudarme en la construcción este trabajo y sobre todo por formarme en el inicio de este camino.

A los integrantes del Laboratorio de Ecología de Enfermedades y Una Salud. Gracias por sus aportes y por siempre estar dispuestos a responder mis preguntas. Me llevo muchas enseñanzas de ustedes.

Al Laboratorio de Investigación del Departamento de Medicina y Zootecnia de Cerdos, pero especialmente al Dr. José Iván Sánchez Betancourt por su apoyo con el financiamiento para la obtención de las muestras biológicas, así como al M en C. Saúl Reveles Félix, quien además participo en el trabajo de campo en el que se obtuvieron las muestras biológicas, de igual forma agradezco a Alef González por su apoyo técnico en la etapa de trabajo de campo.

Al Centro de Medicina Tropical del Hospital General de México Dr. Eduardo Liceaga y especialmente al Dr. Daniel Sokani Sánchez Montes por su ayuda en la corroboración de la identificación taxonómica de garrapatas.

A las familias y cazadores de Campeche que apoyaron para obtener las muestras porque sin ellos no habría sido posible este trabajo. En especial al Ing. Roberto Calzada y a la familia Uribe por el apoyo brindado durante la estancia en Campeche.

A mis sinodales por toda su disposición de ayudarme, por sus aportaciones hacia este trabajo y por apoyarme en la revisión de este trabajo.

A la FMVZ-UNAM y a sus profesores por todas las enseñanzas a lo largo de estos años.

Al financiamiento por parte del proyecto CB-2015 254244 CONACYT a cargo del Dr. José Iván Sánchez Betancourt.

Al financiamiento por parte del proyecto “Desarrollo de una RT-PCR múltiple para el diagnóstico de diarrea epidémica porcina (DEP), gastroenteritis transmisible (GET) y rotavirus porcino (RVP)” el cual estuvo financiado por la Asociación IPVS México 2014 A. C., a cargo del M en C. Saúl Reveles Félix.

Al financiamiento por parte del proyecto de Atención a Problemas Nacionales PN 219, CONACYT a cargo del Dr. Rafael Ojeda Flores.

Al Proyecto DGAPA-PAPIME PE209419 a cargo del Dr. Rafael Ojeda Flores por la beca otorgada durante la realización de esta tesis.

Índice

Resumen	1
Introducción	2
<i>Contexto global de las enfermedades transmitidas por vectores</i>	2
<i>Generalidades de las garrapatas</i>	3
<i>Hospederos puente, especies sinantrópicas y hospederos centinela</i>	11
<i>El cerdo asilvestrado como especie sinantrópica y hospedero centinela</i>	13
Justificación	17
Hipótesis	18
Objetivo general	19
Objetivos particulares	19
Materiales y Método	20
<i>Área de estudio</i>	20
<i>Obtención de muestras biológicas</i>	21
<i>Identificación taxonómica</i>	22
<i>Análisis de datos</i>	22
<i>Revisión de literatura científica</i>	25
Resultados	27
<i>Identificación taxonómica</i>	27
<i>Especificidad de hospedero</i>	28
<i>Curvas de rarefacción y extrapolación de especies de garrapatas</i>	32
<i>Revisión de literatura</i>	34
Discusión	45
Conclusiones	58
Perspectivas	59
Referencias	60
Anexos	102

Resumen

TORRES MONROY ADÁN JAVIER. El cerdo asilvestrado (*Sus scrofa*) como modelo centinela para el estudio de la riqueza de garrapatas neotropicales en la región de Laguna de Términos, Campeche, México

El monitoreo de garrapatas es necesario para describir sus comunidades y determinar sus agentes infecciosos asociados, especialmente en áreas tropicales que destacan por la gran diversidad de agentes infecciosos que pueden albergar. Bajo el supuesto de que la eficacia del cerdo asilvestrado como hospedero centinela se modifica debido a la especificidad de hospedero de las garrapatas, particularmente en áreas tropicales, el objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad del cerdo asilvestrado como hospedero centinela para reconocer la riqueza de garrapatas duras (Ixodidae) asociada a hospederos domésticos y silvestres en sitios que pertenecen a la región de Laguna de Términos ubicada en Campeche. Las muestras de garrapatas se obtuvieron de nueve especies de hospederos vertebrados. Identificamos 789 garrapatas correspondientes a dos géneros que se distribuyen en nueve especies. Las especies más abundantes fueron *Amblyomma mixtum*, *A. dissimile* y *Rhipicephalus sanguineus*. En el cerdo asilvestrado capturamos cuatro de nueve especies de garrapatas. Por medio de un análisis de redes cuantitativo se calculó la especificidad estructural de hospedero. Observamos que el cerdo asilvestrado es parasitado por garrapatas con baja especificidad de hospedero. Las garrapatas identificadas en este estudio son consideradas vectores de diversos agentes infecciosos de importancia en salud pública y salud animal en América. En conclusión, nuestros resultados sugieren que las especies de garrapatas registradas en nuestro estudio son relevantes en la transmisión potencial de agentes infecciosos y que la especificidad de hospedero que presentan las garrapatas en los sitios de estudio determina la capacidad del cerdo asilvestrado como hospedero centinela, por lo que el cerdo asilvestrado se podría utilizar de manera complementaria como modelo animal para el estudio de la riqueza total de garrapatas en ecosistemas neotropicales.

Introducción

Contexto global de las enfermedades transmitidas por vectores

Los ecosistemas naturales del planeta experimentan una presión crónica asociada con los efectos negativos del crecimiento de las sociedades a través de diversos factores antropogénicos como el uso no sostenible de los recursos naturales, la modificación del uso del suelo, las malas prácticas agrícolas y pecuarias, la fragmentación de los hábitats, la acumulación de contaminantes, la introducción de especies invasoras y la emergencia de enfermedades que en conjunto, generan un estado crítico de cambio global (Acevedo-Whitehouse y Duffus, 2009; Hassell *et al.*, 2017). Los cambios en el ambiente provocan alteraciones en los sistemas biológicos, lo cual incrementa la preocupación sobre sus efectos en la salud ambiental, salud animal y salud pública. Tales modificaciones favorecen la expansión de las áreas de distribución de los hospederos, vectores y parásitos y con ello la emergencia de enfermedades (Zohdy *et al.*, 2019). Actualmente se reconoce el papel que tiene la fauna silvestre en la emergencia de enfermedades zoonóticas. El 71.8% de estas enfermedades se han originado en ciclos que involucran animales silvestres (Jones *et al.*, 2008). Las zoonosis son un grupo de enfermedades infecciosas que se transmiten naturalmente de animales a humanos (WHO, 2020).

En el contexto de las enfermedades infecciosas, las enfermedades transmitidas por vectores (ETV) han tomado relevancia en los últimos años (Kilpatrick y Randolph, 2012). Esto se debe a que anualmente se reportan alrededor de mil millones de casos y 700 000 muertes y representan más del 17% de todas las

enfermedades infecciosas a nivel mundial (WHO, 2020). Los vectores son organismos que pueden transmitir enfermedades infecciosas entre humanos y animales. Los mosquitos son los vectores artrópodos más conocidos y estudiados, y entre las enfermedades que pueden transmitir están: Zika, Dengue, Chikungunya, Fiebre amarilla, Encefalitis japonesa, Fiebre del Oeste del Nilo y Malaria (Franklinos *et al.*, 2019). Otros vectores de importancia en salud pública son los piojos y las chinches. Los piojos transmiten enfermedades como tifus y fiebre recurrente (Andersson y Andersson, 2000) y las chinches transmiten principalmente tripanosomiasis (Salcedo-Porras y Lowenberger, 2019). Por otro lado, las garrapatas son el segundo grupo de artrópodos de mayor relevancia en la transmisión de enfermedades en el planeta (WHO, 2020).

Las garrapatas pueden transmitir agentes infecciosos asociados con enfermedades como la enfermedad de Lyme, Fiebre recurrente, Fiebre manchada, Fiebre Q, encefalitis transmitida por garrapatas, Fiebre hemorrágica del Congo, Tularemia, Erliquiosis monocítica, Babesiosis, Anaplasmosis y Enfermedad de Powassan (Boulanger *et al.*, 2019; Niesobecki *et al.*, 2019). Debido al creciente número de agentes infecciosos transmitidos y la expansión de la distribución de algunas especies de garrapatas se requiere aumentar y profundizar el estudio de la ecoepidemiología de las enfermedades transmitidas por garrapatas (Dantas-Torres *et al.*, 2012).

Generalidades de las garrapatas

Las garrapatas son ácaros que se distribuyen prácticamente en cualquier ambiente del planeta (Boulanger *et al.*, 2019). En el mundo se han descrito alrededor de 940 especies de garrapatas, las cuales se dividen en tres familias: Ixodidae (garrapatas duras), Argasidae (garrapatas blandas) y Nuttalliellidae,

esta tercera familia solo se compone por una especie: *Nuttalliella namaqua* (Boulanger *et al.*, 2019; Guglielmone, 2010). La Familia Argasidae está compuesta por 215 especies, siendo los dos principales géneros: *Argas* y *Ornithodoros*. La Familia Ixodidae la conforman aproximadamente 730 especies y se dividen en siete géneros: *Amblyomma*, *Dermacentor*, *Haemaphysalis*, *Hyalomma*, *Ixodes* y *Rhipicephalus* (Boulanger *et al.*, 2019; Dantas-Torres, 2018). En México se han descrito alrededor de 100 especies de garrapatas, alrededor de 37 especies corresponden a la Familia Argasidae y alrededor de 68 especies a la Familia Ixodidae (Guzmán-Cornejo *et al.*, 2019; Guzmán-Cornejo y Robbins, 2010). Específicamente, en el estado de Campeche se han descrito 17 especies de garrapatas, de las cuales 13 pertenecen a la Familia Ixodidae, una corresponde al género *Ixodes*, siete al género *Amblyomma*, dos al género *Dermacentor* y dos al género *Rhipicephalus*. Respecto a la Familia Argasidae se han reportado cuatro especie, una del género *Ornithodoros* y tres del género *Antricola* (Guzmán-Cornejo *et al.*, 2011, 2016, 2019; Guzmán-Cornejo y Robbins, 2010; Sánchez-Montes *et al.*, 2016).

De manera general, las garrapatas presentan cuatro estadios de vida, huevo, larva, ninfa y adulto. Para pasar de un estadio a otro las garrapatas deben alimentarse de sangre de vertebrados, especialmente de animales de fauna silvestre (Anderson, 2002). Los seres humanos son considerados hospederos accidentales, los cuales son parasitados al estar en contacto con hospederos parasitados y con la vegetación que sirven de hábitat para las garrapatas (Boulanger *et al.*, 2019). En las regiones tropicales, las garrapatas mantienen ciclos de vida casi ininterrumpidos debido a condiciones estables del clima, mayor disposición de refugios y una mayor diversidad de hospederos, por lo que

su abundancia y riqueza de especies se ven favorecidas (Estrada-Peña *et al.*, 2013)

Las garrapatas dependen de diferentes factores ambientales para completar su ciclo de vida, que repercuten en la distribución y abundancia de estas. Entre estos factores se encuentra la disponibilidad de hospederos (diversidad de especies de vertebrados), variabilidad de la vegetación, clima, fotoperiodos y actividades humanas (Kilpatrick y Randolph, 2012). Se considera que el efecto del cambio climático, en especial en regiones tropicales, puede ser deletéreo o favorable para algunas especies, ya que, al alterar el hábitat, puede resultar en la desaparición de una especie y a su vez en el establecimiento de otras especies de garrapatas. Se ha estimado por medio de modelos predictivos que si se incrementa 2°C la temperatura ambiental, disminuirán las áreas habitables de algunas especies de garrapatas en África (Estrada-Peña *et al.*, 2008). Otro estudio sugiere que el progresivo aumento de la temperatura ambiental parece forzar la dispersión de la garrapata tropical *Amblyomma variegatum* en Zimbabue (Estrada-Peña, 2003).

Una de las características biológicas de las garrapatas que se ve afectada por cambios en el ambiente, particularmente por la pérdida de diversidad de hospederos potenciales, es la especificidad de hospedero. La especificidad de hospedero se define como la diversidad de especies hospederas que un organismo puede parasitar, es decir, el nivel de exclusividad del parásito con las especies hospederas (Nava y Guglielmone, 2013; Poulin *et al.*, 2011). La especificidad de hospedero se ha estudiado desde dos perspectivas, la relacionada al hospedero (coevolución) y la relacionada al parásito (Brooks y Hoberg, 2007; Fenton, 2005). La relevancia biológica de estas dos propiedades

determina la distribución potencial de un parásito (Nava y Guglielmo, 2013). Lo que podría indicar el grado de la capacidad de modificar las interacciones interespecíficas que presentan diferentes especies de garrapatas. En este sentido, cuando ocurre un evento de salto taxonómico, la especificidad de hospedero se ve disminuida (Poulin *et al.*, 2011). La especificidad de hospedero puede ser un indicador de la probabilidad que tiene un parásito de sobrevivir si los hospederos a los que se relaciona desaparecen de un área geográfica o se extinguen, o para predecir si estos podrán establecerse a nuevas áreas o nuevos hospederos (Dunn *et al.*, 2009; Poulin *et al.*, 2011).

Respecto a la especificidad de hospedero en garrapatas se han desarrollado al menos, dos hipótesis que buscan explicar este fenómeno. La primera asume que la especialización fue necesaria en la evolución de las garrapatas y se basa en la idea de coevolución entre garrapatas y vertebrados (Hoogstrall y Aeschlimann, 1982). En esta hipótesis se menciona que las variaciones fenotípicas son resultado de adaptaciones a un grupo particular de hospederos, lo que lleva a una especificidad de hospedero alta (Hoogstrall y Aeschlimann, 1982). Posteriormente, se desarrolló la hipótesis ecológica que resalta la importancia del ambiente en estos procesos. Menciona que la adaptación a las características ambientales del hábitat tiene mayor relevancia en los procesos evolutivos de las garrapatas que la adaptación a un hospedero en particular (Hoogstrall y Aeschlimann, 1982). En síntesis las hipótesis plantean lo siguiente:

- (i) Las garrapatas seleccionan ciertos hospederos en un ambiente determinado,
- y (ii) Las garrapatas seleccionan ciertos ambientes y se alimentan de cualquier vertebrado disponible (Klompen *et al.*, 1996). Recientemente, se ha propuesto incluir aspectos relacionados al nicho ecológico, para comprender los procesos

que se relacionan con la especificidad de hospedero y el potencial del salto inter-especie que un parásito puede tener (Wells y Clark, 2019). Es decir, se propone considerar los recursos disponibles que un parásito puede utilizar, los vertebrados en el caso de las garrapatas, y las condiciones que rodean al parásito que determina si los recursos pueden ser utilizados (Wells *et al.*, 2015). En el caso de las garrapatas un cambio en la composición de las comunidades de vertebrados puede cambiar su especificidad de hospedero (Holt *et al.*, 2003). Estudios bajo un enfoque de genética de poblaciones han revelado que en algunas especies de parásitos la especificidad de hospedero es subestimada o sobrestimada cuando la base de la investigación son los monitoreos de garrapatas y su asociación con cierto grupo de hospederos de manera cualitativa (Krasnov y Keeney, 2008). Entender la especificidad de hospedero únicamente como el número de especies a las que se limita un parásito para determinar la especificidad de hospedero limita el análisis y la posibilidad de entender sus implicaciones evolutivas y ecológicas, debido a que no es posible considerar las relaciones entre las especies hospederas (Krasnov *et al.*, 2010; Poulin *et al.*, 2011).

Se ha descrito que, debido a sus rasgos de historia de vida, las garrapatas limitan su área de distribución y mantienen cierta especificidad de hospedero. En regiones tropicales se espera que las garrapatas mantengan una mayor especificidad de hospedero (Esser *et al.*, 2016a). Se ha visto que las garrapatas tienen diferentes niveles de especificidad de hospedero, algunas son específicas a nivel de especie, género, familia u orden y algunas presentan un amplio rango de hospederos distribuidos en una gran variedad de ordenes de vertebrados (Cumming, 1998). Además, se ha descrito que la especificidad de hospedero

puede variar por las métricas usadas en el análisis de datos (Espinaze *et al.*, 2016). Algunas garrapatas son específicas a un género o familia de vertebrados, por lo que se reconoce que es poco probable encontrar una especificidad de hospedero completamente estricta en una especie de garrapata (Nava y Guglielmone, 2013).

Se reconoce que la especificidad de hospedero suele modificarse a lo largo del desarrollo del ciclo de vida de las garrapatas. Se ha visto que las larvas y ninfas son más generalistas comparadas con los adultos (Espinaze *et al.*, 2016; Nava y Guglielmone, 2013). Sin embargo, el grado de especificidad de hospedero en garrapatas neotropicales ha sido poco estudiado (Esser *et al.*, 2016a). En una investigación realizada en Panamá, Esser y colaboradores (2016a) encontraron que la mayoría de las garrapatas presentaron alta especificidad filogenética y estructural en el estadio adulto. La alta especificidad de hospedero sugiere que las garrapatas adultas tienen una capacidad limitada para establecerse en nuevos hábitats y un potencial limitado de transmisión inter-especie de sus agentes infecciosos asociados (Esser *et al.*, 2016a).

Para calcular la especificidad de hospedero se pueden usar diferentes aproximaciones, como especificidad estructural, especificidad filogenética y especificidad geográfica (Poulin, Krasnov y Mouillot, 2011). La especificidad estructural se refiere al número de hospederos que un parásito puede parasitar (Poulin *et al.*, 2011). Tradicionalmente la especificidad estructural se ha abordado de manera cualitativa, es decir, sin aplicar métricas cuantitativas que consideren factores como la disponibilidad y diversidad de hospederos o la prevalencia de los parásitos (Poulin *et al.*, 2011; Wells y Clark, 2019). Actualmente, existen índices cuantitativos para calcular la especificidad

estructural y filogenética que consideran factores como los ya mencionados (Poulin y Mouillot, 2005). La especificidad filogenética se refiere al rango de grupos taxonómicos que una garrapata puede parasitar, es decir, la preferencia que tiene un parásito a un nivel filogenético específico (género, familia u orden de hospederos) (Poulin y Mouillot, 2005). La especificidad geográfica se refiere a las áreas geográficas a las que se restringe un parásito. (Poulin *et al.*, 2011). Para determinar cualquier tipo de especificidad se requiere diferentes datos para su análisis.

El estudio de la ecología de garrapatas debe realizarse desde diferentes aproximaciones, una de ellas se basa en la captura de las garrapatas, su identificación taxonómica y el análisis de datos, o bien, por medio de metaanálisis. En general, un aspecto de gran importancia en el estudio de las garrapatas y sus agentes infecciosos asociados es el muestreo y monitoreo de las garrapatas (Cabezas-Cruz *et al.*, 2018), esto se debe al reciente aumento en la incidencia de enfermedades transmitidas por garrapatas, la expansión de sus áreas de distribución y el incremento en la ocurrencia de enfermedades emergentes asociadas a garrapatas (Dantas-Torres, 2015).

La detección temprana de la expansión de las áreas de distribución de las especies de garrapatas nativas e introducidas ayuda a las autoridades encargadas de la vigilancia epidemiológica a generar programas más eficientes de monitoreo y control de estos parásitos (Merrill *et al.*, 2018). Estos métodos incluyen monitoreos ambientales y de hospederos (Estrada-Peña *et al.*, 2013). Respecto al monitoreo ambiental se usa un método de “arrastre” que consiste en capturar garrapatas con una pieza de tela blanca (Medlock *et al.*, 2017). La desventaja de este método es que existen géneros de garrapatas como

Dermacentor, *Rhipicephalus* y *Hyalomma* que no pueden ser capturados, ya que sus fases inmaduras ocurren sobre los hospederos (Estrada-Peña *et al.*, 2013). El monitoreo en hospederos consiste en capturar manualmente, de manera sistemática e individual a las garrapatas que se encuentran sobre el hospedero (Hertz *et al.*, 2017; Medlock *et al.*, 2017). La captura de las garrapatas sobre el hospedero ofrece varias ventajas, ya que el muestreo se ve poco afectado por la estructura de la vegetación o por las condiciones climáticas (Merrill *et al.*, 2018).

A fin de optimizar las estrategias de monitoreo es necesario considerar diversos factores relacionados con las garrapatas y con el ambiente. Algunas de estas son el comportamiento, el estadio de vida y sexo de la garrapata. De igual forma, características del hospedero, como edad, sexo, estado fisiológico, comportamiento, así como características ambientales, tales como el tipo de vegetación, clima, latitud, altitud y longitud de las regiones de estudio (Cohnstaedt *et al.*, 2012; Estrada-Peña *et al.*, 2013; Ginsberg, 1989; Jameson y Medlock, 2011; Medlock *et al.*, 2017). Adicionalmente, se ha propuesto el uso de hospederos centinelas con el objetivo de mejorar los monitoreos de garrapatas (Halliday *et al.*, 2007; Merrill *et al.*, 2018; Schmidt, 2009). El estudio de la riqueza de especies de garrapatas mediante el uso de hospederos centinelas permite capturar garrapatas que se encuentran en bajas densidades o que no pueden ser capturadas a través de monitoreos ambientales (Ginsberg, 1989; Halliday *et al.*, 2007; Hamer *et al.*, 2009; Merrill *et al.*, 2018; Mertins *et al.*, 2017).

Al utilizar hospederos centinelas para el monitoreo de garrapatas se deben considerar ciertas condiciones como: 1) que los animales tengan una probabilidad alta de ser parasitados por las garrapatas, es decir, preferentemente se buscan hospederos con gran masa corporal; 2) que se

muevan en grupos; y 3) que tengan rangos amplios de movimiento y actividad (Esser *et al.*, 2016b). Además, en los últimos años se ha propuesto el uso de hospederos centinelas para el monitoreo de la riqueza de especies de garrapatas, particularmente especies introducidas o invasoras. Los hospederos centinelas que más se han utilizado alrededor del mundo, son el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el perro doméstico (*Canis lupus familiaris*) y el cerdo asilvestrado (*Sus scrofa*) (Greiner *et al.*, 1984; Hertz *et al.*, 2017; Merrill *et al.*, 2018). Para complementar el estudio de la ecología de las garrapatas, además del uso de los animales centinela se pueden integrar otros tipos de hospederos, como lo son los hospederos sinantrópicos y los hospederos puente.

Hospederos puente, especies sinantrópicas y hospederos centinela

Los hospederos puente son aquellos que pueden transmitir un agente infeccioso de un hospedero de mantenimiento (hospederos en los que un patógeno persiste) a una población susceptible (Caron *et al.*, 2015). Un concepto similar, pero enfocado a los vectores es el de “vector puente”, los vectores puente son artrópodos susceptibles y permisibles a la infección de un agente infeccioso, principalmente enzoótico, que favorecen el establecimiento de ciclos de transmisión periurbanos y urbanos (Zohdy *et al.*, 2019).

Por otro lado, las especies sinantrópicas son especies domésticas o silvestres que pueden establecerse en ambientes domésticos y peridomésticos. Pueden incluir sitios rurales, suburbanos y urbanos, y también pueden establecerse en ambientes exantrópicos (localizados en áreas fuera del alcance de la población humana), donde la vegetación permanece sin alteración con bajos niveles de fragmentación y de disturbio antropogénico (Hubálek, 2003; Reyes-Novelo *et al.*, 2011). En los últimos años se han reconocido algunas especies domésticas

como especies sinantrópicas, entre los que destacan gatos (*Felis silvestris catus*), perros (*Canis lupus familiaris*) y cerdos asilvestrados (*Sus scrofa*) (Maya-Badillo *et al.*, 2020; Pozio, 2000; Ribicich *et al.*, 2010). Se ha determinado que los animales sinantrópicos en comparación con otros animales silvestres, tienen 15 veces más posibilidad de ser la fuente de enfermedades infecciosas emergentes (McFarlane *et al.*, 2012).

El concepto de hospedero centinela no es absoluto ni está completamente definido y usualmente se entiende por el contexto particular de cada investigación. En general, se refiere a una especie que puede fungir como “guardia”, un ejemplo sería el caso de las aves utilizadas en minas para la detección de gases nocivos (Halliday *et al.*, 2007). Otro contexto aplicado a los animales centinelas, son aquellos usados para la detección de patógenos en un área nueva o la detección de cambios en la prevalencia o incidencia de una enfermedad en el tiempo para probar hipótesis específicas sobre la ecología de enfermedades, así como determinar el área y la dirección de la dispersión de los agentes infecciosos (Halliday *et al.*, 2007). Los hospederos centinela pueden ser individuos o poblaciones de animales que tienen ciertas características, como una marcada susceptibilidad a la enfermedad de interés y que sean fácilmente observables (Halliday *et al.*, 2007; Schmidt, 2009). La aproximación ecológica basada en el uso de especies centinela ha permitido recopilar información valiosa en distintos sistemas. En Estados Unidos se evaluó la utilidad del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) para la detección de *Anaplasma phagocytophilum* (Dugan *et al.*, 2006) y en Japón se evaluó el papel de los perros como centinelas frente al virus de encefalitis japonesa (Shimoda *et al.*, 2010). En Nueva Zelanda, cerdos asilvestrados fueron utilizados para detectar la presencia

de tuberculosis bovina (Nugent *et al.*, 2002). Sin embargo, a pesar del potencial de las especies centinela para el monitoreo de enfermedades infecciosas parecen ser poco utilizadas (Rabinowitz *et al.*, 2005).

El cerdo asilvestrado como especie sinantrópica y hospedero centinela

Los cerdos asilvestrados (*Sus scrofa*) tienen un origen antrópico. Incluyen cerdos domésticos que fueron liberados o escaparon, jabalí euroasiático donde su distribución es exótica e híbridos entre estos dos grupos (Barrett *et al.*, 1994; Bevins *et al.*, 2014; Mayer y Brisbin, 2009; Maya-Badillo *et al.*, 2020). Los cerdos asilvestrados presentan una gran variación fenotípica debido a la diversidad genotípica que les da origen, por lo que se pueden encontrar individuos con diferentes medidas morfométricas y rasgos físicos (Barrett *et al.*, 1994; Mayer y Brisbin, 2009).

Estos animales pueden vivir en una gran diversidad de ecosistemas, como bosques templados, tropicales o húmedales (Mayer y Brisbin, 2009). Además, se ha observado que pueden establecerse en zonas cercanas a producciones pecuarias (Mayer y Brisbin, 2009). Al ser omnívoros pueden consumir cualquier tipo de alimento, sus tasas de reproducción son altas por lo que son considerados una especie con alta capacidad invasora (Waithman *et al.*, 1999). Los cerdos asilvestrados son una de las 100 especies con mayor capacidad de invasión y daño a los ecosistemas, así como a las producciones agropecuarias (Barrett *et al.*, 1994; Barrios-García y Ballari, 2012; Jolley *et al.*, 2010). Además, están asociados con la transmisión de enfermedades infecciosas en animales silvestres, domésticos y humanos. (Halliday *et al.*, 2007).

En México, el cerdo asilvestrado es reconocido como una especie invasora (CONABIO, 2018). Sin embargo, se cuenta con pocos estudios demográficos, sobre el impacto que tienen a los ecosistemas y se desconocen sus implicaciones en el mantenimiento y transmisión de diversos agentes infecciosos. En la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur, México, se determinó que su impacto al ecosistema era moderado y su población estaba mediada por factores climáticos, también se observó que tienen una gran área de distribución que responde en función de la disponibilidad de agua y alimento (Solís-Cámara *et al.*, 2009). En 2014 se publicó el primer reporte de una población de cerdos asilvestrados en el área de Laguna de Términos, Campeche, México (Hidalgo-Mihart *et al.*, 2014). En 2017 se reporta la detección de agentes virales y bacterianos en cerdos asilvestrados de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, en el norte de México, a partir de seroprevalencias positivas para influenza porcina, leptospirosis, salmonelosis y brucelosis (Pérez-Rivera *et al.*, 2017). En un estudio realizado en Laguna de Términos, Campeche, encontraron que existe segregación espacial entre el pecarí de collar y el cerdo asilvestrado y que la distribución de cerdos asilvestrados se favorece en plantaciones de palma de aceite y en temporada de lluvia (Hernández-Pérez *et al.*, 2019). En el sureste de México, existe un alto grado de traslape de hábitat entre el pecarí de collar (*Pecari tajacu*) y los cerdos asilvestrados, además los cerdos asilvestrados prefieren áreas cercanas a plantaciones de palma de aceite (Hernández-Pérez *et al.*, 2020). En Laguna de Términos, Campeche existe una relación entre la seropositividad a virus de influenza A del cerdo asilvestrado y la antropización del paisaje. Los cerdos asilvestrados en Laguna de Términos, Campeche, presentan un comportamiento sinantrópico al estar en contacto con

fuentes de infección de virus de influenza A de origen silvestre, doméstico y humano (Maya-Badillo *et al.*, 2020). Realizar este tipo de estudios en regiones tropicales como el sureste mexicano es importante por la gran marginación que sufren los seres humanos que habitan la región y por la gran diversidad de especies de vertebrados e invertebrados que están asociados con diferentes agentes infecciosos, específicamente los transmitidos por vectores y de manera particular, agentes infecciosos relacionados con las garrapatas, que tienen repercusión tanto en salud pública como en salud animal (Reyes-Novelo *et al.*, 2011). Sin embargo, hasta el momento no existe un estudio que describa las asociaciones del cerdo asilvestrado con garrapatas y que evalúe el desempeño de este como hospedero centinela para el monitoreo de garrapatas en México. Realizar este tipo de estudios en regiones tropicales como el sureste mexicano es importante por la gran diversidad de especies de vertebrados e invertebrados que están asociados con diferentes agentes infecciosos, específicamente los transmitidos por vectores, de manera particular agentes infecciosos relacionados con las garrapatas, que tienen repercusión tanto en salud pública como en salud animal (Reyes-Novelo *et al.*, 2011).

En el sur de Florida, EEUU, cuya ubicación geográfica corresponde a la región Neártica de América, a través del uso del cerdo asilvestrado como modelo centinela, fue posible determinar la riqueza total de garrapatas duras de esa región y además proporcionar información para el monitoreo del rango de expansión de algunas especies de garrapatas mediante una investigación realizada en 2018 (Merrill *et al.*, 2018). Se ha reconocido que la región Neártica y Neotropical presentan características distintas (Morrone, 2008). En el Neotrópico existe una mayor riqueza de vertebrados comparada con el Neártico

(Morrone, 2008; Rull, 2019). En el caso de las comunidades de garrapatas, también presentan diferencias, de manera general la riqueza de garrapatas que habitan en el Neotrópico es mayor a la riqueza del Neártico (Guglielmone *et al.*, 2014). Para el Neártico no se ha planteado que exista una gran especificidad de hospedero como en el Neotrópico, por lo que esta característica biología puede ser un factor que intervenga en el uso del cerdo asilvestrado como modelo centinela para la determinación de la riqueza de garrapatas en áreas tropicales. Además, hasta el momento no existe un estudio que describa las asociaciones de las poblaciones de cerdos asilvestrados con garrapatas y que evalúe el desempeño del cerdo asilvestrado como hospedero centinela para el monitoreo de garrapatas en México.

Justificación

Debido a los cambios ambientales derivados de las actividades antropogénicas se ha favorecido el incremento de las áreas de distribución de algunas especies de garrapatas y los agentes infecciosos con potencial zoonótico asociados con estos vectores. Esto representa una amenaza para la salud de la fauna silvestre, la fauna doméstica y los seres humanos que lleguen a estar en contacto con las garrapatas vectores dado que las modificaciones en el ambiente de los hospederos influyen directamente en la prevalencia y distribución geográfica de las garrapatas. Esto resalta la necesidad de implementar métodos efectivos y proactivos de monitoreo de garrapatas y las enfermedades a las que se les relaciona, considerando factores como la diversidad y especificidad del rango de hospedados de estos artrópodos. Debido a que estos factores influyen en la composición de las comunidades de garrapatas, la eficiencia del monitoreo mediante hospederos centinelas, como los cerdos asilvestrados, puede variar a través de los distintos sistemas biológicos.

Hipótesis

Las regiones tropicales con alta diversidad de especies hospederas modifican la capacidad de los cerdos asilvestrados de fungir como modelo centinela para el estudio de la riqueza de garrapatas (Ixodidae). Por lo que su capacidad como hospedero centinela se verá disminuida debido a la alta especificidad de hospedero que presentan las especies de garrapatas duras en estos ambientes.

Objetivo general

Evaluar la capacidad del cerdo asilvestrado como hospedero centinela para captar la riqueza de garrapatas duras asociadas a hospederos domésticos y silvestres en una región tropical con alta diversidad biológica.

Objetivos particulares

- Determinar la composición de la comunidad de garrapatas asociadas a hospederos vertebrados de fauna silvestre, domésticos y asilvestrados de sitios que pertenecen a la región de Laguna de Términos, Campeche.
- Determinar la especificidad de hospedero entre las garrapatas y sus hospederos vertebrados.
- Reconocer las asociaciones de las especies de garrapatas que se encuentran en la red de interacciones del estudio con agentes infecciosos de importancia médica.

Materiales y Método

Área de estudio

El muestreo de garrapatas se realizó en la región de Laguna de Términos, Campeche donde se encuentra el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos (CONANP, 2019). Se localiza en los municipios de Carmen y Palizada que corresponde a la zona costera del estado de Campeche (CONANP, 2019) (Fig. 1). Los humedales del área conforman, junto con los de Tabasco, una unidad ecológica que los constituye como los más importantes humedales de Mesoamérica. La región de Laguna de Términos presenta un mosaico de asociaciones vegetales terrestres y acuáticas tales como vegetación de dunas costeras, manglares, vegetación de pantano como tular, carrizal y popal, selva baja inundable, palmar inundable, matorral espinoso inundable, matorral inerme inundable, vegetación riparia, selva alta-mediana y vegetación secundaria (CONABIO, 2010).

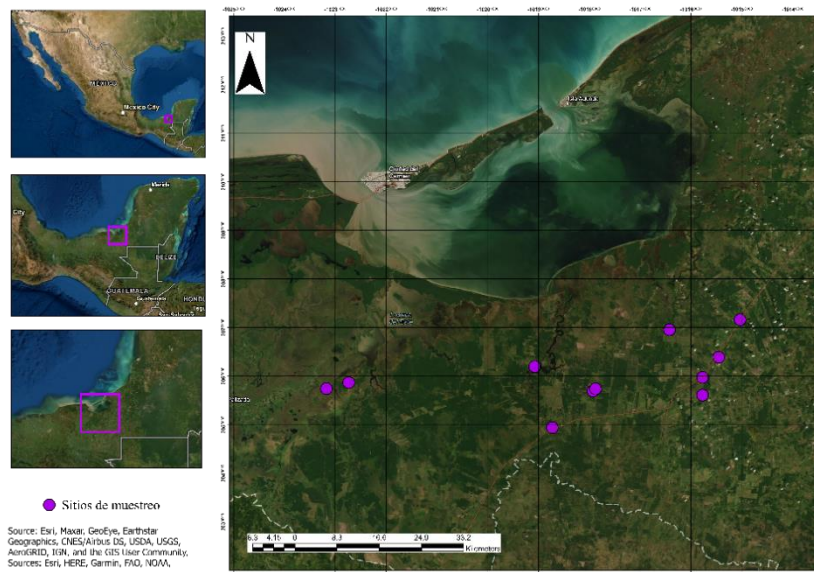


Fig 1. Mapa del área de estudio. Los puntos de color representan los sitios de muestreo de las garrapatas.

Obtención de muestras biológicas

Para la realización de este proyecto se utilizaron garrapatas que fueron capturadas de manera secundaria por el proyecto de maestría titulado “Determinación de virus de influenza A en cerdos asilvestrados de la región de Laguna de Términos, Campeche, México” con número de protocolo CICUA: MC-2018/2-11 que se llevó a cabo de junio a agosto del 2018 (Maya-Badillo *et al.*, 2020). El muestreo que se realizó fue un muestreo tipo “bola de nieve”. Este muestreo es no probabilístico, se basa en que a partir de un sujeto de interés se hacen conexiones con otros sujetos que permiten tomar el mayor número de muestras de interés. Es un tipo de muestreo aplicado para el estudio de poblaciones que son difíciles de alcanzar (Jaime Waters, 2015). La captura y la contención del cerdo asilvestrado es compleja, por ello se utiliza comúnmente este tipo de muestreo (Maya-Badillo *et al.*, 2020; Merrill *et al.*, 2018; Rosa *et al.*, 2018). En el presente estudio se aprovechó la actividad de cacería de subsistencia de los habitantes de la región de Laguna de Términos. Los cazadores de esta región además de cazar cerdos asilvestrados también suelen cazar animales de fauna silvestre y son propietarios de animales domésticos. En este sentido, para tener el mayor número posible de hospederos muestreados, se contactó a más cazadores a través de los cazadores con los que se había trabajado anteriormente. El manejo de los cerdos asilvestrados, fauna silvestre y animales domésticos consistió en una inspección de cada uno de los animales durante 10 minutos. Se capturaron las garrapatas visibles de cada individuo con ayuda de pinzas entomológicas. Las garrapatas fueron almacenadas en microtubos de 2 ml con alcohol al 90%. Se obtuvieron garrapatas a partir de individuos de fauna silvestre correspondientes con las siguientes especies:

armadillo de nueve bandas (*Dasypodidae novemcinctus*), iguana verde (*Iguana iguana*), pecarí de collar (*Pecari tajacu*), tortuga del fango de boca blanca (*Kinosternon leucostomum*); de animales domésticos: perro (*Canis lupus familiaris*) y caballo (*Equus ferus caballus.*) y seres humanos (*Homo sapiens sapiens*). La especie sinantrópica muestreada fue el cerdo asilvestrado (*Sus scrofa*).

Identificación taxonómica

Para la identificación taxonómica se descartaron las larvas debido a su complejidad taxonómica (Merrill *et al.*, 2018). Se tomaron en cuenta diversas características morfológicas de las garrapatas. Para su identificación se revisaron estructuras como el hipostoma, los festones, las coxas y los espolones, con ayuda de la literatura taxonómica disponible (Guzmán-Cornejo *et al.*, 2011; Nava *et al.*, 2017). Para identificar a las garrapatas del complejo taxonómico *Amblyomma cajennense* se utilizó la clasificación de Nava *et al.*, 2014.

Análisis de datos

Una vez identificados taxonómicamente los individuos de las garrapatas, se construyó una base de datos. El análisis de los datos se realizó usando el programa libre R (R Core Team, 2020) versión 4.0.0 a través de la interfaz Rstudio (RStudio Team, 2020).

Por las características de nuestros datos, es decir, por contar con el registro de las garrapatas y sus hospederos asociados se decidió estudiar la especificidad estructural de las especies de garrapatas por medio de un enfoque cuantitativo (Poulin *et al.*, 2011). Existen diversos índices para medir la especificidad de hospedero. Sin embargo, existen dos que fueron desarrollados para el análisis

de redes bipartitas: el índice de entropía de Shannon estandarizada bidimensional (H'_2) y la distancia estandarizada de Kullback-Leibler (d'_i) (Dormann *et al.*, 2009). El índice H'_2 caracteriza el grado de especialización a nivel de red y el índice d'_i describe el grado de interacción a nivel de especie, estos índices tienen valores entre 0 a 1, entre más se acerca a 1 el valor indica que existe mayor especificidad estructural. Respecto al índice d'_i solo se tomaron en cuenta los valores correspondiente al nivel superior de la red que corresponde a las garrapatas, ya que estos son los que se refieren a la especificidad estructural de estas (Blüthgen *et al.*, 2006). Estos índices se basan en asociaciones ponderadas, al tomar en cuenta la variación en la frecuencia de interacciones proveen una medida ecológica precisa de la especificidad de hospedero comparados con índices basados en datos de presencia ausencia (Blüthgen *et al.*, 2006). Además el índice H'_2 y d'_i no se ven afectados por la disponibilidad de recursos y también corrigen el esfuerzo de muestreo ya que no le dan el mismo peso a especies hospederas poco muestreadas en comparación con las especies de hospederos más muestreados (Esser *et al.*, 2016a). Por lo que se utilizaron como medidas de especificidad estructural. Para hacer el cálculo de los índices de especificidad de hospedero se utilizó la paquetería “Bipartite” (Dormann *et al.*, 2020), para el índice H'_2 se utilizó la función “networklevel” y para el índice d'_i , se utilizó la función “specieslevel” (Dormann *et al.*, 2009, 2020).

Se aplicó un modelo nulo para comparar los índices utilizados. Se ha comprobado que la mayoría de los índices de redes bipartitas pueden ser afectados por las dimensiones de la red (número de especies muestreadas) y la intensidad de muestreo (total de observaciones por especie), por lo que, es

recomendable que los resultados observados sean evaluados contra resultados basados en modelos nulos (Dormann *et al.*, 2009). Un modelo nulo, es un modelo de generación de patrones que está basado en la aleatorización de datos ecológicos o muestreos aleatorios con base a patrones de distribución. El modelo nulo está diseñado con respecto a algunos procesos ecológicos de interés (Gotelli y Ulrich, 2012) y son aproximaciones que pueden ser usadas para corregir artefactos estadísticos (Dormann, 2019). En este trabajo se aplicó el modelo nulo propuesto por Vázquez *et al.*, 2007, el cual aleatoriza el número total de interacciones individuales observadas en la matriz original de interacciones. Se aplicaron 1,000 repeticiones para el cálculo del índice H'_2 , la conectancia y el anidamiento ponderado, esto debido a que estas métricas pueden verse alteradas cuando se calculan a partir de matrices de dimensiones pequeñas (Dormann *et al.*, 2009; Vizentin-Bugoni *et al.*, 2016). Este modelo ha sido utilizado en varios trabajos relacionados con la especificidad de hospedero y a la especialización de depredadores y de polinizadores (Esser *et al.*, 2016a; Kang *et al.*, 2014; Robinson *et al.*, 2015; Sazatornil *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2018; Vizentin-Bugoni *et al.*, 2016). Se comparó el promedio de los resultados de las métricas de especificidad entre las matrices aleatorias generadas a partir del modelo nulo y los valores de la matriz del estudio. (Vizentin-Bugoni *et al.*, 2016). Para la aplicación del modelo nulo se utilizó la paquetería “Bipartite” y la función “nullmodel”, Para la comparación de los modelos nulos se utilizó la metodología descrita por Dormann *et al.*, 2020. (Dormann *et al.*, 2020).

Para determinar el hospedero principal en la red de interacciones se calcularon algunas medidas de centralidad de la red bipartita, que fueron: intermediación y cercanía (a nivel de especie) (Dallas *et al.*, 2019). Se utilizó la paquetería

Bipartite y la función “specieslevel” con el argumento “method=betweenness” para la intermediación y “method=closeness” para la cercanía (Dormann *et al.*, 2020).

Para conocer si se capturaron garrapatas suficientes para el análisis se construyó una curva de rarefacción y de extrapolación de especies de garrapatas con la paquetería “iNEXT” (Hsieh *et al.*, 2016). La curva se construyó a partir de datos de abundancia. En nuestro estudio, un individuo capturado (una garrapata capturada) se considera la unidad del esfuerzo de muestreo. Se utilizó la función “iNext” y el argumento “datatype=abundance” (Hsieh *et al.*, 2016). Se obtuvieron valores de la riqueza observada, y la riqueza estimada (100% de cobertura estimada), considerando a cada garrapata como unidad de muestreo esto se hizo con los elementos: “\$AsyEst”, “\$DataInfo” y “\$iNextEst”. Finalmente para la visualización de la curva se utilizó la función ggiNEXT (Hsieh *et al.*, 2016; Wickham, 2016).

Revisión de literatura científica

Se realizaron dos revisiones de literatura en *Google scholar*. La primera consistió en una búsqueda de especies de garrapatas identificadas en el estado de Campeche. Los criterios de inclusión utilizados fueron que las garrapatas se hayan identificado por medio de literatura taxonómica o con métodos moleculares en un periodo de tiempo entre 2003 y 2019. La segunda revisión consistió en hacer una búsqueda de agentes infecciosos asociados a las especies de garrapatas identificadas en este trabajo. Solo se consideraron estudios realizados en América y que la identificación de los agentes infecciosos se confirmara por medio de secuenciación genética, se incluyeron publicaciones desde 1998 a 2020. Las ecuaciones de búsqueda fueron: (“*Amblyomma*”) and

(Campeche), ("*Rhipicephalus*") and (Campeche), ("*Dermacentor*") and (Campeche), ("*Ixodes*") and (Campeche), ("*Boophilus*") and (Campeche), ("*Rhipicephalus*" or "*Boophilus*") and (Rickettsial), ("*Rhipicephalus*" or "*Boophilus*") and (Theileria), ("*Rhipicephalus*" or "*Boophilus*") and (Babesia). Esta ecuación se repitió incluyendo cada genero de garrapata.

Resultados

Identificación taxonómica

En este estudio se identificaron 789 (100%) garrapatas; 477 (60%) correspondieron a garrapatas de cerdo asilvestrado, 157 (19.89 %) de iguana, 73 (9.25%) de armadillo, 63 (7.98%) de perro, 10 (1.26%) de pecarí de collar, cinco de caballo, dos de tortuga y dos de humano (Fig. 2).

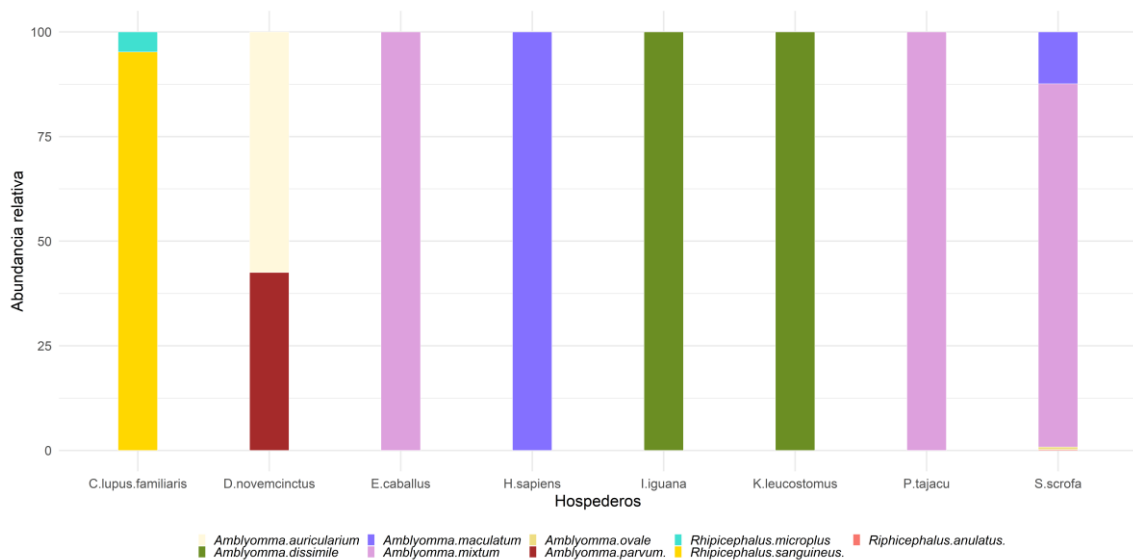


Fig. 2. Abundancia relativa de garrapatas. En el eje de las “X” se agrupan las especies de hospederos vertebrados y en el eje de las “Y” la abundancia relativa de garrapatas. Cada color en las barras representa a una especie de garrapata.

Se identificaron dos géneros de garrapatas (*Amblyomma* y *Rhipicephalus*) y nueve especies (seis correspondieron al género *Amblyomma* y tres al género *Rhipicephalus*): *A. auricularium*, *A. dissimile*, *A. maculatum*, *A. mixtum*, *A. ovale*, *A. parvum*, *Rh. microplus*, *Rh. sanguineus* y *Rh. annulatus* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Abundancia de hospederos y garrapatas. Se observan las especies hospederas, el número de hospederos muestreados, las garrapatas con las que mantienen asociaciones y la abundancia de las garrapatas.

Hospedero	Abundancia de hospederos	Garrapatas asociadas	Abundancia de garrapatas
<i>Sus scrofa</i>	33	<i>A. maculatum</i>	59
		<i>A. mixtum</i>	414
		<i>A. ovale</i>	3
		<i>Rh. annulatus</i>	1
<i>Iguana iguana</i>	6	<i>A. dissimile</i>	157
<i>Dasyus novemcinctus</i>	2	<i>A. auricularium</i>	42
		<i>A. parvum</i>	31
<i>Canis lupus familiaris</i>	1	<i>Rh. sanguineus</i>	60
		<i>Rh. microplus</i>	3
<i>Pecari tajacu</i>	1	<i>A. mixtum</i>	10
<i>Equus caballus</i>	1	<i>A. mixtum</i>	5
<i>kinosternon leucostomum</i>	1	<i>A. dissimile</i>	2
<i>Homo sapiens</i>	2	<i>A. maculatum</i>	2

Especificidad de hospedero

Se construyeron dos representaciones de interacciones garrapata-hospedero, en la primera se representó una matriz gráfica en donde se observan los compartimentos formados a partir de interacciones de garrapatas con grupos de hospederos y la intensidad de la interacción (Fig. 2). En la segunda la fuerza de las interacciones se muestra a través de líneas y se aprecian los nodos formados en la red (Fig. 3).

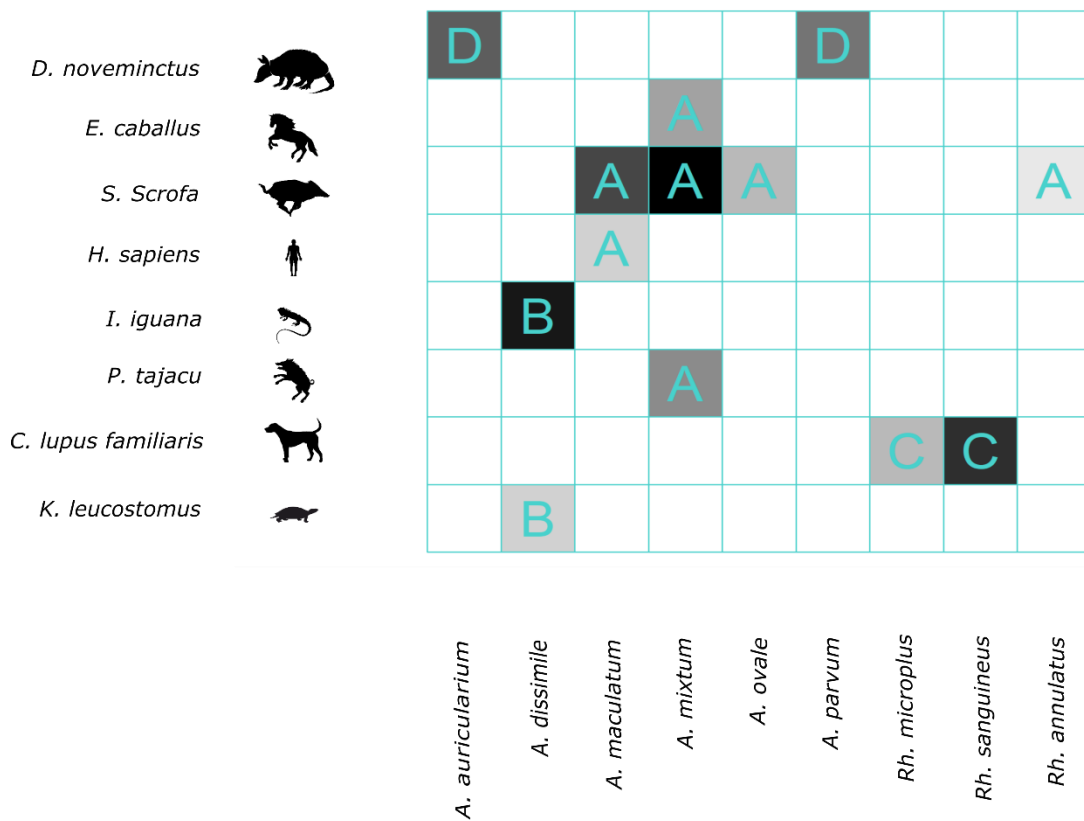


Fig. 2. Matriz de interacciones garrapata-hospedero. La red está representada en forma de cuadrícula. En el eje de las “X” se ordenan las especies de garrapatas y en el eje de las “Y” se ordenan los hospederos. Los colores más oscuros en los cuadros en la matriz indican una mayor fuerza de interacción, la cual está dada por número de veces en los que se observaron las asociaciones garrapata-hospedero. Las letras de A-D muestran los compartimentos de las garrapatas asociadas con un grupo de hospedero.

El valor del índice H'_2 , correspondiente a la especificidad estructural de la red completa fue de 0.951, indicando alta especificidad estructural en la comunidad de garrapatas. El valor del índice d'_i , correspondiente a la especificidad estructural por especie se encontró en un rango entre 0 y 1, mostrando los siguientes valores por especie *Amblyomma auricularium* = 0.81, *A. dissimile* = 1, *A. maculatum* = 0.20, *A. mixtum* = 0.77, *A. ovale* = 0.04, *A. parvum* = 0.73, *Rhipicephalus microplus* = 0.42, *Rh. sanguineus* = 0.98 y *Rh. annulatus* = 0.

Al comparar el valor promedio del índice H'_2 obtenido a través del modelo nulo, con el valor del índice H'_2 de la matriz de interacciones observadas se obtuvo evidencia estadística de que el patrón de lo estimado con la aleatorización de la matriz de interacciones no es diferente a lo observado ($P = 0.009$). Por medio del modelo nulo aplicado a la conectancia, entre los valores observados y los estimados el valor de P fue de 0.037. En el modelo nulo aplicado al anidamiento, entre los valores observados los estimados el valor de P fue de 0.048. Además, observamos que con un valor de 1 el cerdo asilvestrado es la especie vertebrada que en la red representa a la intermediación y a la cercanía.

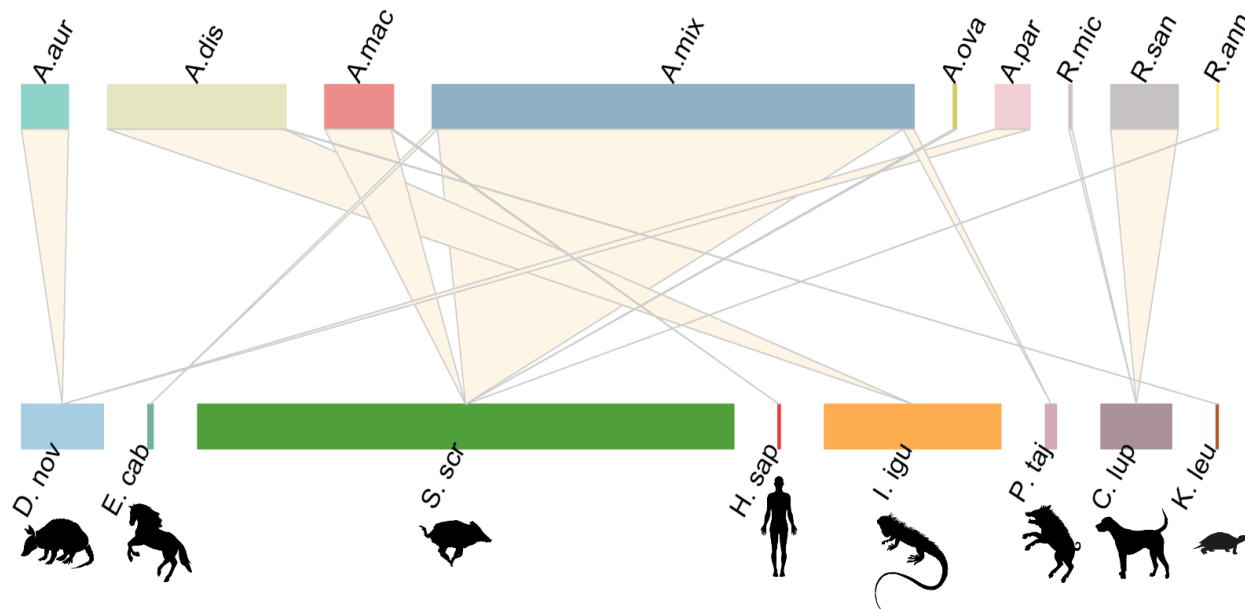


Fig. 3. Red bipartita de interacciones hospedero-garrapata. Los hospederos vertebrados y las especies de garrapatas se representan por nodos en forma de rectángulo, los enlaces de color amarillo representan las interacciones hospedero-garrapata. El grosor de los nodos superiores corresponde a la abundancia total de garrapatas por cada especie. Las variaciones entre las frecuencias de interacción están dadas por el ancho de los enlaces. A. aur = *Amblyomma auricularium*, A. dis = *A. dissimile*, A. mac= *A. maculatum*, A. mix = *A. mixtum*, A. ova = *A. ovale*, A. par = *A. parvum*, R. san=*Rhipicephalus sanguineus*, R. mic = *Rh. microplus* Rh. ann = *Rh. annulatus*.

Curvas de rarefacción y extrapolación de especies de garrapatas

Cuadro 3 Riqueza estimada de especies de garrapatas con el 100% de cobertura de muestreo. Se muestran los hospederos, la riqueza observada de especies de garrapatas y la riqueza estimada de especies de garrapatas considerando un 100% de cobertura de muestreo.

Hospedero	Riqueza observada	Riqueza estimada (100% de cobertura estimada)
<i>Dasypus novemcinctus</i>	2	2
<i>Equus caballus</i>	1	1
<i>Sus scrofa</i>	4	4
<i>Homo sapiens</i>	1	1
<i>Iguana iguana</i>	1	1
<i>Pecari tajacu</i>	1	1
<i>Canis lupus familiaris</i>	2	2
<i>kinosternon leucostomum</i>	1	1

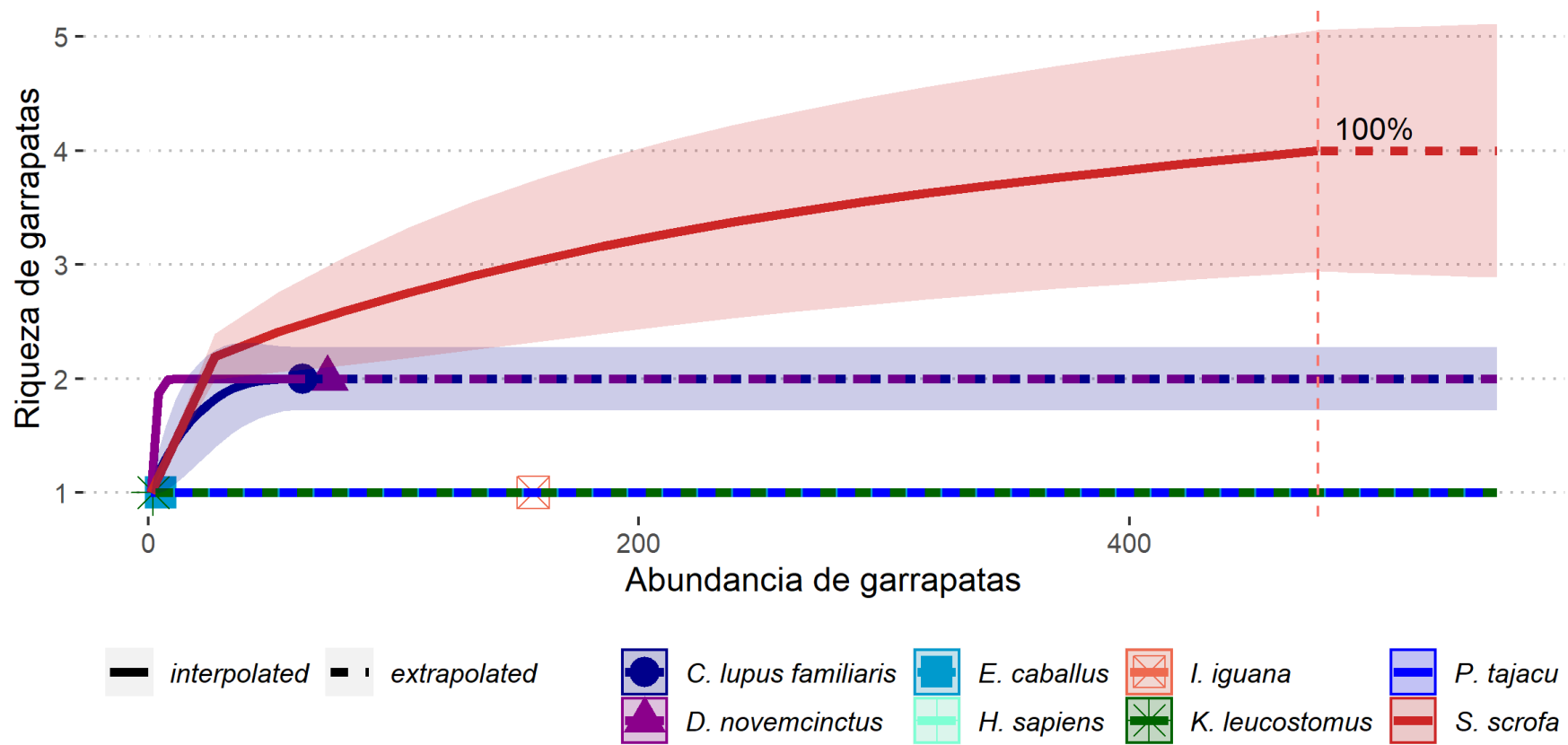


Fig. 4. Curvas de rarefacción y extrapolación de especies. En el eje de las “X” representa la abundancia de garrapatas observada (línea continua) y extrapolada (línea punteada) y el eje de las “Y” representa la riqueza de especies de garrapatas. La línea punteada de color rojo marca el punto donde se alcanza el 100% de cobertura de muestreo de especies de garrapatas en el cerdo asilvestrado.

Revisión de literatura

Para la primera revisión que consistió en identificar la riqueza total de garrapatas en el estado de Campeche, se encontraron 612 artículos y solo un total de ocho artículos científicos cumplieron los criterios de inclusión. La mayoría de estos fueron revisiones de la riqueza de especies de garrapatas en el país. Para la segunda revisión que consistió en la lista de agentes infecciosos asociadas a las garrapatas identificadas en el trabajo, se encontraron 29,570 artículos científicos y solo un total de 36 artículos científicos cumplieron los criterios de inclusión. Actualmente se cuenta con el registro de diferentes especies de garrapatas duras y blandas identificadas en el estado de Campeche, estas corresponden a 13 especies de garrapatas duras (Ixodidae) y a cuatro garrapatas blandas (Argasidae) (Anexo 1). De las especies de garrapatas que se identificaron en este trabajo se reconocen algunos agentes infecciosos asociados a estas en el continente americano, éstas incluyen bacterias pertenecientes a los géneros *Rickettsia*, *Anaplasma*, *Ehrlichia*, *Coxiella* y *Borrelia* y a hemoparásitos pertenecientes a los géneros *Theileria* y *Babesia* (Anexo 2). La mayoría de estos agentes tienen importancia en salud pública y animal, siendo de los más importantes, *Rickettsia rickettsi*, *Anaplasma phagocytophilum* y *Babesia bigemina*.

Descripción de las garrapatas identificadas en este estudio

La presencia de *Rh. annulatus* en México ha sido identificada en la zona fronteriza norte y en Nuevo León, es asociada principalmente al ganado bovino y al perro doméstico, de igual manera hay reportes en el sureste del país, específicamente en el estado de Chiapas donde esta especie fue capturada en ganado bovino y en el venado cola blanca (Lohmeyer *et al.*, 2011; Romero-

Castañón *et al.*, 2008). En América la garrapata *Rh. annulatus* ha sido asociada con *Anaplasma marginale*, *A. ovis*, *Babesia bigemina* y *B. bovis* (Cantu *et al.*, 2007; Esteves *et al.*, 2009; Klafke *et al.*, 2020; K. Kocan *et al.*, 2008).

Respecto a las otras garrapatas del género *Rhipicephalus* (*Rh. microplus* y *Rh. sanguineus*), las dos especies fueron capturadas en el perro doméstico. *Rh. microplus* y *Rh. sanguineus*. Se han reportado en diferentes zonas del país, incluyendo: Yucatán, Veracruz, Morelos, Campeche, Baja California, y Tamaulipas (Fernández-Salas *et al.*, 2012; Fernández-Salas *et al.*, 2012; Rodríguez-Vivas y Dominguez-Alpizar, 1998; Cruz-Vazquez y Garcia-Vazquez, 1999). Este género se ha encontrado principalmente en ganado bovino y perro doméstico, aunque se reporta que puede parasitar una gran diversidad de especies de vertebrados (Fernández-Salas *et al.*, 2012). Estas dos especies se reconocen como las especies con mayor implicación económica en el ganado bovino, pues adicionalmente la resistencia a acaricidas ha dificultado su control. (Cruz-Vazquez y Garcia-Vazquez, 1999; Eremeeva *et al.*, 2011; Fernández-Salas *et al.*, 2012; R. J. Miller *et al.*, 2013; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014). En el continente americano *Rh. microplus* ha sido asociada a *E. chaffeensis*, *R. monacensis*, *A. marginale*, *A. platys*, *B. bovis*, *B. bigemina*, *T. equi*, *B. lonestari* y *B. theileri* (Guillemi *et al.*, 2019; Hermans *et al.*, 1994; Pesquera *et al.*, 2015; Scoles y Ueti, 2015; Yparraguirre *et al.*, 2007). En América *Rhipicephalus sanguineus* ha sido asociada a los siguientes agentes infecciosos: *R. amblyommatys*, *E. canis*, *A. platys*, *A. phagocytophilum*, *R. massiliae*, *R. parkeri*, *T. equi* y *B. burgdorferi*. *A. platys*, *B. canis* y *B. gibsoni* (Campos-Calderón *et al.*, 2016; Galaviz-Silva *et al.*, 2013; Lira-Amaya *et al.*, 2017; López-Pérez *et al.*,

2019; Scoles y Ueti, 2013; Springer *et al.*, 2018; Wikswo *et al.*, 2007; Williamson *et al.*, 2010)

Amblyomma mixtum en nuestro estudio fue colectada en el caballo, cerdo asilvestrado y en el pecarí de collar. Esta garrapata ha sido reportada parasitando a una gran diversidad de mamíferos, incluyendo al ser humano, por lo que no se considera que presente una alta especificidad de hospedero de manera cualitativa. *A. mixtum* se distribuye desde Texas, Estados Unidos hasta el sureste de Ecuador. En América *A. mixtum* se ha relacionado a los siguientes agentes infecciosos: *Coxiella burnetti*, *Rickettsia amblyommatis*, *R. rickettsii*, *R. monacensis*, *Ehrlichia chaffeensis*, *Anaplasma marginale*, *A. platys*, *Theileria equi*, *Borrelia burdorferi*, *B. lonestari*, *Babesia caballi* (Gordillo-Pérez *et al.*, 2009; Niesobecki *et al.*, 2019; Noda *et al.*, 2016; Novakova *et al.*, 2015; Pacheco-Solano *et al.*, 2019; Rivera-Páez *et al.*, 2018; Scoles y Ueti, 2013; Springer *et al.*, 2018; Williamson *et al.*, 2010).

Registramos *Amblyomma auricularium* en asociación con armadillos (*Dasypus novemcinctus*), esta garrapata no había sido reportada en Campeche, México. Se ha visto que esta especie de garrapata se asocia principalmente con hospederos de la Familia Dasypodidae (Guglielmone *et al.*, 2003). En América *A. auricularium* ha sido asociada a *Rickettsia amblyommatis* (Saraiva *et al.*, 2013). Esta garrapata no es considerada de importancia médica. Sin embargo, podría estar involucrada en la ecoepidemiología de las enfermedades transmitidas por garrapatas (Saraiva *et al.*, 2013).

Obtuvimos registros de *Amblyomma dissimile* en asociación con iguana verde (*Iguana iguana*) y tortuga pecho quebrado (*Kinosternon leucostomus*). Esto

coincide con lo reportado, ya que esta garrapata parasita principalmente a reptiles y anfibios (Guglielmone y Nava, 2010; Pedroso-santos *et al.*, 2020; Sánchez-Montes *et al.*, 2019). En América *A. dissimile* ha sido asociada a *Rickettsia monacensis*, *Theileria equi*, y *Anaplasma platys* (Niesobecki *et al.*, 2019; Sánchez-Montes *et al.*, 2019).

Amblyomma maculatum fue capturada en el cerdo asilvestrado y en el ser humano. Esta garrapata tiene una amplia distribución en el continente americano, desde el sur de Estados Unidos hasta América del Sur, es común encontrar a esta garrapata parasitando a una gran diversidad de hospederos, incluyendo, ganado bovino, seres humanos y aves (Álvarez-Hernández *et al.*, 2017; Nadolny y Gaff, 2018). Esta especie de garrapata se ha asociado con *R. parkeri*, *R. amblyommatis*, *Candidatus R. andeane* y *E. chaffeensis* (Allerdice *et al.*, 2019; Budachetri *et al.*, 2014; Williamson *et al.*, 2010). Esta garrapata funciona como vector de *R. parkeri* (Allerdice *et al.*, 2019).

Amblyomma ovale en nuestro estudio fue capturada en el cerdo asilvestrado, Esta garrapata se ha asociado a una gran variedad de grupos taxonómicos, incluyendo aves, roedores y carnívoros, por lo que de manera cualitativa no se considera que muestre especificidad de hospedero (Costa *et al.*, 2020). En América, *A. ovale* ha sido asociada a *R. monacensis*, *R. rickettsi*, *R. amblyommatys*, *R. parkeri* y *B. caballi* (Cohen *et al.*, 2015; de Sousa *et al.*, 2018; Pedroso-santos *et al.*, 2020; Springer *et al.*, 2018).

Amblyomma parvum en nuestro estudio fue capturada en armadillos (*Dasypus novemcinctus*). En su fase adulta se ha asociado a diferentes grupos taxonómicos de mamíferos de mediano y gran tamaño. Sin embargo, también es

común encontrarlas en otros tipos de hospederos como los seres humanos (Nava *et al.*, 2006). Se ha reportado una fuerte asociación parásito-hospedero entre *A. parvum* y roedores de la Familia Caviidae. Esta garrapata se distribuye en todo el neotrópico (Costa *et al.*, 2020; Nava *et al.*, 2006). *A. parvum* garrapata ha sido asociada a *Candidatus Rickettsia andeanae*, *Ehrlichia chaffeensis* y *Anaplasma platys* (Niesobecki *et al.*, 2019; Sebastian *et al.*, 2017; Tomassone *et al.*, 2008). Por su amplia distribución y la baja especificidad de hospedero esta garrapata tiene el potencial de generar brotes de sus enfermedades asociadas (Nava *et al.*, 2006).

Descripción de los agentes infecciosos asociados a las garrapatas del estudio

A. marginale y *A. ovis* son bacterias intracelulares causantes de la anaplasmosis bovina y de la anaplasmosis ovina respectivamente, se ha descrito que estas dos bacterias afectan a rumiantes domésticos como de fauna silvestre, además se asocian a pérdidas económicas importantes (Kocan *et al.*, 2010; Lopes *et al.*, 2018).

A. platys es una bacteria cosmopolita, causante de anaplasmosis (trombocitopenia cíclica infecciosa canina) en canidos, predominante en áreas tropicales y subtropicales. *Rh. sanguineus* es considerado su vector principal, esta bacteria en algunos estudios se ha propuesto como un agente infeccioso emergente en humanos y potencialmente zoonótico. Sin embargo, aun no hay información suficiente sobre el tema (Cardoso *et al.*, 2015; Pérez-Macchi *et al.*, 2019). En el norte de México, *A. platys* ha sido identificada en perros, de igual manera existen diversos reportes en América (Almazán *et al.*, 2016; Pérez-Macchi *et al.*, 2019; Pesapane *et al.*, 2019).

Anaplasma phagocytophilum es una bacteria intracelular, causante de la anaplasmosis granulocítica humana y anaplasmosis en equinos, bóvidos, canidos y gatos. Su distribución es cosmopolita y sus principales reservorios son los rumiantes, perros domésticos, caballos y roedores. Se considera que otros grupos de vertebrados pueden ser reservorios (Rar y Golovljova, 2011). Se ha descrito que los hospederos competentes de *A. phagocytophilum* son las garrapatas del género *Ixodes*. Sin embargo, aún faltan estudios para asegurar que este género es el único que participe como vector (Ghafar y Amer, 2012; Rar y Golovljova, 2011). . Existen registros de este agente en prácticamente todo el continente, en México se ha reportado en todo el país (Rojero-Vázquez *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2013; Sosa-Gutiérrez *et al.*, 2014)

Ehrlichia chaffeensis es una bacteria intracelular causante de la erliquiosis monocítica en seres humanos. En Norteamérica el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) es considerado el principal reservorio natural. Esta enfermedad es considerada una enfermedad desatendida, por lo que no se conoce con exactitud que especies de garrapatas actúan como vectores para la transmisión del agente (Guillemi *et al.*, 2019). El perro doméstico es susceptible a la infección por *E. chaffeensis* y por su cercanía con el ser humano puede participar como hospedero puente para este agente infeccioso (Guillemi *et al.*, 2019). Esta bacteria ya ha sido identificada en México en especies de garrapatas provenientes de roedores de la costa del golfo de México y de la costa del Pacífico (Sosa-Gutiérrez *et al.*, 2014).

Ehrlichia canis es una bacteria intracelular, es el agente causal de la erliquiosis monocítica canina, afectando principalmente a canidos, incluyendo al perro doméstico. Existen algunos estudios y reportes clínicos que mencionan que *E.*

canis puede causar enfermedad en seres humanos. Sin embargo, aun se necesitan estudios para determinar su potencial patogénico. Los canidos son su reservorio natural principal (Beall *et al.*, 2012; Melo *et al.*, 2011; Ojeda-Chi *et al.*, 2019; Perez *et al.*, 2006). *E. canis* ha sido identificada prácticamente en todo el continente americano y se considera endémica del sureste mexicano (Melo *et al.*, 2011; Ojeda-Chi *et al.*, 2019; Perez *et al.*, 2006; Villeneuve *et al.*, 2011). Es importante realizar monitoreos de garrapatas asociadas a este agente, por sus implicaciones en la salud animal y su potencial patogenicidad en humanos.

R. amblyommatys es una bacteria que no se ha comprobado completamente su potencial patogénico en humanos y animales. Sin embargo, existen estudios que muestran que esta bacteria puede generar inmunidad cruzada con *R. rickettsi*, es decir, que puede moderar la epidemiología y severidad de la Fiebre maculosa de las Montañas Rocosas en áreas donde existan las dos bacterias (Rivas *et al.*, 2015). Esta bacteria ha sido identificada desde el norte de los Estados Unidos hasta países de América del Sur, como Brasil y Argentina. *R. amblyommatys* se ha reportado con mayor frecuencia en garrapatas del género *Amblyomma* (Rivas *et al.*, 2015; Sánchez-Montes *et al.*, 2016).

R. monacensis es una bacteria intracelular que pertenece al grupo de las fiebres manchadas, en algunas partes del mundo se ha reportado como un agente causal de enfermedad en humanos (Madeddu *et al.*, 2012). Se ha encontrado asociada a garrapatas del género *Ixodes*, a *Rh. sanguineus* y *Rh. microplus*. Esta bacteria no se considera endémica. Sin embargo, hay registros en América Central y en América del Sur (Pesquera *et al.*, 2015; Springer *et al.*, 2018).

R. massiliae es una bacteria intracelular, en distintas regiones del mundo se ha identificado en garrapatas del género *Rhipicephalus*, a su vez, se han

identificado diferentes genotipos. Sin embargo, aún no existe suficiente información sobre sus reservorios naturales, si es una bacteria que pueda producir enfermedad o su papel en la ecología y epidemiología de las enfermedades transmitidas por garrapatas (Beeler *et al.*, 2011). En América se ha descrito en Estados Unidos, Argentina, en el norte de México (Beeler *et al.*, 2011; López-Pérez *et al.*, 2019).

Rickettsia rickettsii es una bacteria intracelular causante de la fiebre maculosa de las Montañas Rocosas en seres humanos. Se considera que los perros pueden servir como hospederos amplificadores para esta enfermedad y que los pequeños mamíferos funcionan como reservorios naturales. Esta bacteria ha sido asociada a diversos géneros de garrapatas incluyendo *Amblyomma*, *Rhipicephalus* y *Dermacentor* (Álvarez-Hernández *et al.*, 2017). Se ha identificado desde el sur de Canadá hasta América del Sur (Álvarez-Hernández *et al.*, 2017; Kang *et al.*, 2014).

Rickettsia parkeri es una bacteria intracelular, es uno de los agentes causales de fiebre manchada en humanos, las garrapatas del género *Amblyomma* son su principal vector se considera un agente infeccioso emergente, esta bacteria se ha descrito en diferentes regiones de América incluyendo: Estados Unidos, México, Belice, Colombia, Argentina y Brasil (Parola *et al.*, 2013; Romer *et al.*, 2020).

Candidatus Rickettsia andeane, es una rickettsia que no ha sido caracterizada por completo, no se conoce si es un agente causante de enfermedad. Sin embargo, fue identificada a partir de un brote de fiebre en Perú. Se ha aislado en diferentes especies de garrapatas, incluyendo *Amblyomma maculatum*, *Ixodes*

boliviensis, *A. maculatum*, se ha identificado en Estados Unidos y en Perú (Jiang *et al.*, 2012; Paddock *et al.*, 2015).

Coxiella burnetti es una bacteria intracelular causante de la fiebre Q, infecta a mamíferos (incluyendo humanos), aves, reptiles y anfibios, en ovinos y caprinos ocasiona abortos, se transmite por orina, leche y heces. Sin embargo, las garrapatas también la pueden transmitir. Los rumiantes domésticos son considerados los principales reservorios. (Duron *et al.*, 2015) Esta bacteria se distribuye alrededor del mundo se ha identificado en garrapatas de los géneros *Amblyomma*, *Rhipicephalus*, *Dermacentor*, entre otros. Sin embargo, no se sabe que especies de garrapatas podrían participar como vectores potenciales, ni su implicación en la epidemiología de la enfermedad. Se piensa que las garrapatas y los animales silvestres están involucrados en mantenimiento de la bacteria (Duron *et al.*, 2015; Noda *et al.*, 2016; OIE, 2015).

Borrelia lonestari y *B. theileri* son espiroquetas causantes de la fiebre recurrente en humanos y borreliosis bovina en bovinos respectivamente (Cutler, 2015). Estas espiroquetas causan casos de fiebre de muy variable duración si no son tratados. Los reservorios naturales de *B. lonestari* no han sido completamente descritos, se sabe que los humanos y el venado cola blanca pueden funcionar como reservorios, respecto a *B. theileri* son los rumiantes y los caballos (Cutler, 2015). En México *B. lonestari*, y *B. theileri* han sido identificadas y aisladas (Fesler *et al.*, 2020; Smith *et al.*, 1978). Sin embargo, la fiebre recurrente y la borreliosis en el país son enfermedades desatendidas debido a que existen muy pocos estudios al respecto, por lo que no se conoce su impacto en la salud pública y animal en el país (Andreotti *et al.*, 2011). Diversos estudios en el área fronteriza entre México y Estados Unidos han reportado la presencia de estas

espiroquetas, las cuales suelen estar relacionadas con los bovinos, además se sugiere que *Rh. microplus* puede actuar como un hospedero puente, facilitando la transmisión de diferentes especies de *Borrelia* entre hospederos vertebrados (Andreotti *et al.*, 2011).

B. burgdorferi es una espiroqueta causante de la enfermedad de Lyme en humanos y en canidos de la enfermedad de Lyme canina, aunque esta bacteria se ha descrito en diversos géneros de garrapatas, solo algunas especies del género *Ixodes* han sido reconocidos como vectores. Sus principales reservorios naturales son algunas especies de roedores. En América se ha reportado principalmente en Estados Unidos y el sur de Canadá (Eisen, 2020; Leighton *et al.*, 2012; Rhodes *et al.*, 2013). En México se han reportado casos clínicos y seroprevalencias en humanos y se ha identificado la presencia de la bacteria en algunas especies de garrapatas duras (Fesler *et al.*, 2020; Galaviz-Silva *et al.*, 2013; Gordillo-Pérez *et al.*, 2009; López-Pérez *et al.*, 2019). En México la enfermedad de Lyme no es reconocida como un problema de salud pública. Sin embargo, por la introducción de especies invasoras, como el cerdo asilvestrado (*Sus scrofa*), el cambio climático y el comercio de animales, existe la posibilidad de que el área de distribución de los vectores de *Borrelia burgdorferi* aumente y con esto la posibilidad de que presenten brotes de esta enfermedad.

Babesia bigemina y *B. bovis*, son causantes de babesiosis bovina y también pueden causar enfermedad en rumiantes silvestres, de igual manera tienen importancia por las pérdidas económicas en la producción de ganado, especialmente en áreas tropicales, además pueden causar babesiosis humana, al ser el humano un hospedero accidental (García-Tapia *et al.*, 2003; Jalovecka *et al.*, 2019; Martínez-Hernández *et al.*, 2019). *B. canis* y *B. gibsoni* son

protozoarios causantes de babesiosis canina en cánidos, sus vectores principales son las garrapatas del género *Dermacentor* y *Rhipicephalus*, respectivamente. En América *B. gibsoni* se ha reportado en Nicaragua, Estados Unidos y Brasil (Trapp *et al.*, 2006; Wei *et al.*, 2014), mientras que *B. canis* se ha reportado solamente en Estados Unidos y México (Lira-Amaya *et al.*, 2017; Panti-May y Rodríguez-Vivas, 2020).

Theileria equi es un protozoario causante de la piroplasmosis equina (babesiosis equina), este agente puede presentar formas asintomáticas, hasta causar la muerte, solo se ha descrito como causante de enfermedad de équidos (Heim *et al.*, 2007), en México se ha identificado por serología y técnicas moleculares en muestras sanguíneas (Cantú-Martínez *et al.*, 2012). En Brasil se ha encontrado asociada a *Rh. microplus* (Heim *et al.*, 2007).

Discusión

El estudio de la ecología de las comunidades de garrapatas y de las enfermedades que pueden transmitir es notoriamente limitado en México. Los estudios se centran con mayor frecuencia en la búsqueda de agentes infecciosos de interés para la salud pública y la salud animal (Cabezas-Cruz *et al.*, 2018; Reyes-Novelo *et al.*, 2011). Es de suma importancia que las garrapatas neotropicales se estudien bajo un enfoque integral, en donde se busque comprender sus interacciones ecológicas para poder diseñar mejores estrategias de monitoreo, tanto de las garrapatas como de los agentes infecciosos asociados a estas. Es importante que comencemos a integrar el estudio de vectores a partir del concepto de Una Salud, donde se considere al ambiente, los hospederos animales (domésticos y silvestres), los seres humanos, los agentes infecciosos, así como factores que puedan influenciar en la ecología de las garrapatas y las enfermedades asociadas con estas. Por ello, en este trabajo se estudió al cerdo asilvestrado como potencial hospedero centinela para el monitoreo de garrapatas neotropicales, ya que éste se ha reconocido como especie centinela para el estudio de diferentes enfermedades infecciosas y para el monitoreo de ectoparásitos como las garrapatas. Además, al ser una especie invasora, generalista de hábitat, con comportamiento sinantrópico y hospedero puente, el cerdo asilvestrado puede desempeñar un papel importante en la introducción y expansión de la distribución geográfica de especies de garrapatas exóticas y de sus agentes infecciosos en una región determinada.

En este estudio, encontramos que la riqueza de especies de garrapatas que se capturaron fue de nueve especies y que el cerdo asilvestrado, como hospedero

estaba albergando a cuatro de estas especies. En este trabajo planteamos que la especificidad de hospedero puede interferir en la capacidad del cerdo asilvestrado para ser parasitado por la riqueza total de especies de garrapatas duras, en contraste con el trabajo de Merrill *et al.*, 2018 donde fue posible capturar la riqueza total de garrapatas en su área de estudio. En el estudio de Esser *et al.*, realizado en Panamá y considerando 25 especies de garrapatas, encontraron valores de especificidad estructural alta en una escala geográfica pequeña, con un valor del índice $H'_2 = 0.77$ (valor a nivel de red), observando que a esta escala y en esa región neotropical, las garrapatas presentan un alto grado de especificidad estructural (Esser *et al.*, 2016a). En nuestro estudio el valor del índice H'_2 fue de 0.95, lo cual nos indica que en general en el área de estudio, las garrapatas encontradas mantienen un alto nivel de especificidad estructural, es decir, las garrapatas presentan un alto grado de especialización a algunos hospederos específicos. Respecto a los valores obtenidos a partir de la comparación entre los resultados observados del índice H'_2 , la conectancia y el anidamiento ponderado, encontramos evidencia estadística de que el valor promedio de los índices y medidas obtenidas de la aleatorización de la matriz de interacciones no tiene diferencia con el observado de las interacciones reales, lo cual nos indica que con base a nuestros datos, en este sistema sí existe una alta especificidad de hospedero y que nuestros resultados no son resultado del azar. Esser *et al.*, 2016, calcularon el índice d'_i (medida a nivel de especie de garrapatas), para una escala geográfica pequeña y encontraron un rango de resultados entre 0.33 a 1.00. 15 de las 25 especies de garrapatas mostraron altos valores del índice d'_i . En nuestro estudio, el rango del valor del índice d'_i fue de 0.00 a 1.00. Cinco de las nueve especies de garrapatas mostraron un alto

grado de especificidad de hospedero, lo que indica que en general, bajo las condiciones de nuestro estudio, existen asociaciones de especialización entre garrapatas y los hospederos muestreados. Específicamente, las garrapatas que mostraron alta especificidad estructural a nivel de especie fueron: *A. auricularium*, *A. dissimile*, *A. mixtum*, *A. parvum* y *Rh. sanguineus*. Las garrapatas que obtuvieron especificidad estructural baja son: *A. maculatum*, *A. ovale*, *Rh. microplus* y *Rh. annulatus*. En este trabajo observamos que de las cuatro especies de garrapatas que estaban parasitando al cerdo asilvestrado, tres de ellas presentaron bajos niveles de especificidad estructural calculado a través del índice d' ; *A. maculatum*, *A. ovale* y *Rh. annulatus*, lo cual indica que el cerdo asilvestrado puede ser parasitado con mayor facilidad por garrapatas que presenten baja especificidad de hospedero en una región.

De acuerdo a las medidas de centralidad, la cercanía y la intermediación están representadas en la red por la participación del cerdo asilvestrado, esto quiere decir que el cerdo asilvestrado es una especie que comparte especies de garrapatas con otras especies hospederas (cercanía), a su vez el cerdo asilvestrado presenta especies de garrapatas en común con otros vertebrados que comparten pocas garrapatas con otros hospederos (intermediación) (Dallas *et al.*, 2019). Sin embargo, debido a la poca representatividad de otros vertebrados es posible que este resultado se vea afecto, por lo que se debería retomar este estudio con un diseño de muestreo con mayor número de hospederos. Específicamente, en este trabajo observamos que el cerdo asilvestrado es parasitado por las garrapatas *A. maculatum*, *Rh. annulatus*, *A. mixtum*, y *A. ovale*, estas especies de garrapatas también las podemos encontrar

en el caballo doméstico, el ser humano y el pecarí de collar. Sin embargo, estos hospederos no comparten otras especies de garrapatas con otros hospederos. En este sentido, podemos decir que el cerdo asilvestrado puede participar como un hospedero puente al fungir como hospedero de garrapatas con baja especificidad de hospedero, de manera que estos pueden favorecer la expansión del área de distribución de algunas especies de garrapatas a otros sitios y a su vez, estas pueden parasitar a otros animales silvestres y domésticos, incluso a los seres humanos.

Encontramos que la riqueza de garrapatas fue de nueve especies y que el cerdo asilvestrado alberga a cuatro de estas especies en nuestra región de estudio y bajo nuestras características de muestreo. En el estudio de Merrill *et al.*, 2018, realizado en el sur de Florida, USA, encontraron que el cerdo asilvestrado puede ser aprovechado para identificar la riqueza total de garrapatas en su área de estudio y que este puede ser un buen modelo por su capacidad de establecerse en diferentes tipos de hábitat (Merrill *et al.*, 2018). Dado que en nuestro estudio el muestreo se realizó por captura directa, nuestros resultados sugieren, que a la escala y en la región en la que se desarrolló, el cerdo asilvestrado no puede ser usado como modelo único para el monitoreo de la riqueza de garrapatas. Además, observamos que el cerdo asilvestrado logró captar solo el 44% de la riqueza total, esto sugiere que la especificidad de hospedero en nuestra área de estudio influye en el potencial del cerdo asilvestrado para poder fungir como hospedero centinela en el estudio de la riqueza de especies de garrapatas en regiones tropicales, ya que este tiende a ser parasitado por garrapatas con baja especificidad de hospedero.

Es destacable que la riqueza total de garrapatas del área de estudio fue representativa a pesar de que nuestro muestreo fue realizado durante dos meses. Esto coincide con estudios que se han realizado en áreas tropicales donde la riqueza de garrapatas es mayor que en otras áreas del planeta, debido a factores como el clima, la riqueza y la disponibilidad de hospederos, lo cual favorece que las garrapatas mantengan ciclos biológicos prácticamente ininterrumpidos (Esser *et al.*, 2016a; Nava y Guglielmone, 2013).

El monitoreo de la riqueza de garrapatas en el neotrópico es complejo, esto se debe a la alta riqueza de especies de garrapatas y por la gran diversidad de hospederos vertebrados a los que se asocian (Guglielmone *et al.*, 2014). En este sentido, el cerdo asilvestrado puede ser utilizado para facilitar el monitoreo de garrapatas, ya que además de tener características de una especie sinantrópica, tiene una amplia masa y superficie corporal. Se ha observado que los cerdos asilvestrados pueden mantener asociaciones con distintas especies de garrapatas de importancia en salud pública y animal (Esser *et al.*, 2016; Merrill *et al.*, 2018). Considerando la complejidad del muestreo en regiones neotropicales se podrían incluir otros hospederos centinelas de garrapatas duras como los perros domésticos para ampliar la cobertura del muestreo (Melo *et al.*, 2011), a su vez, se podría incluir otros animales sinantrópicos y migratorios como las aves para poder asegurar una mayor cobertura de hospederos vertebrados y con esto mejorar la búsqueda.

Otra forma de complementar el monitoreo de garrapatas a través de hospederos centinelas, es el muestreo por arrastre. Este método complementa la información acerca de la riqueza de especies de garrapatas encontradas en la región de estudio (Estrada-Peña *et al.*, 2013b). Sin embargo, este método al igual que

otros, tiene limitantes (lluvia, inundaciones, entre otros), además de que no se obtiene la información de los vertebrados a los que se asocian las garrapatas (Cohnstaedt *et al.*, 2012; Merrill *et al.*, 2018). Por lo que para obtener un monitoreo ideal se podrían implementar ambos tipos de muestreo, considerando que cada uno tiene ventajas y desventajas para la mayor obtención de información posible (Cohnstaedt *et al.*, 2012).

El análisis de rarefacción y extrapolación de especies nos permite conocer qué tan representativo fue el muestreo en función de la abundancia de especies de garrapatas que encontramos (Hsieh *et al.*, 2016). Sin embargo, nuestros resultados se ven claramente limitados por el esfuerzo de muestreo de los hospederos, debido a que en general estos pueden mantener asociaciones con un gran número de garrapatas. En este estudio podemos decir que el número de garrapatas capturadas en el cerdo asilvestrado, el armadillo y el perro doméstico fue representativo ya que en la curva de rarefacción estas tres especies tienden a la asíntota. En el caso particular de los reptiles y anfibios no es necesario hacer un muestreo tan extenso, porque estos se asocian con mayor frecuencia con pocas especies de garrapatas (Guglielmo y Nava, 2010) y con pocos ejemplares se lograría registrar la riqueza completa.

La única especie hospedera donde no observamos la riqueza total tomando en cuenta un 100% de cobertura de muestreo fue el cerdo asilvestrado, sin embargo, visualmente tiende a la asíntota y se tiene el suficiente número de hospederos para asegurar que el resultado es más preciso. Con nuestros datos, el 100% de la riqueza estimada de especies de garrapatas asociadas al cerdo asilvestrado se encontraría con cinco especies de garrapatas, en comparación con la riqueza de cuatro especies de garrapatas que registramos en nuestro

estudio. Nuestros resultados sugieren que un muestreo con pocos individuos de especies hospederas de diferentes grupos taxonómicos podrían reflejar la riqueza de especies de garrapatas del área de estudio considerando las fuertes relaciones biológicas entre hospederos y garrapatas.

Respecto a las garrapatas identificadas en nuestra área de estudio, logramos registrar siete de las 13 especies de garrapatas (Ixodidae) reportadas previamente en el estado de Campeche, estas son: *A. mixtum*, *A. dissimile*, *A. maculatum*, *A. parvum*, *A. ovale*, *Rh. microplus* y *Rh. sanguineus* (Guzmán-Cornejo *et al.*, 2011, 2016, 2019; Guzmán-Cornejo y Robbins, 2010; Sánchez-Montes *et al.*, 2016). Las especies que no fueron capturadas fueron: *Ixodes scapularis*, *A. imitator*, *A. sabanerae*, *A. tuberculatum*, *Dermacentor nitens* y *D. albipictus*. La diferencia en el número de especies de garrapatas registradas en nuestro estudio en comparación a lo reportado previamente en el estado de Campeche podría deberse a las características del tipo de muestreo con el que se obtuvieron las muestras, ya que al ser un muestreo en bola de nieve en una sola temporada existe un gran sesgo de información respecto a las diferentes especies hospederas que no estuvieron contempladas, otra posibilidad es que algunas especies no se distribuyan en el área de estudio. Desde otra perspectiva es sesgado hacer una comparación tomando en cuenta las especies identificadas en Campeche, México, ya que es una región donde no se hacen estudios enfocados en conocer la riqueza de garrapatas de manera periódica.

Con nuestro estudio se establece el primer registro de *Rh. annulatus* en asociación con el cerdo asilvestrado y en Campeche, México. La presencia *Rh. annulatus* en Campeche puede explicarse debido a las similitudes biogeográficas que tiene con Chiapas (Lohmeyer *et al.*, 2011) , México donde ya

existen registros. Además, es posible que debido a la poca vigilancia entomológica que se realiza en el estado de Campeche no se haya descrito la presencia de esta garrapata con anterioridad. Esta especie puede tener una gran diversidad de hospederos, por lo que es muy complicado su control (Lohmeyer *et al.*, 2011). La interacción de *Rh. annulatus* con el cerdo asilvestrado podría tener implicaciones en expansión del área de distribución de esta garrapata y de sus agentes infecciosos asociados.

En nuestro estudio para *Rh. microplus* obtuvimos una baja especificidad de hospedero, con 0.42 de valor del índice d'_i y para *Rh. sanguineus* una alta especificidad de hospedero con un valor de 0.98 del índice d'_i . En el estudio realizado por Esser *et al.*, (2018), los valores obtenidos fueron de 0.79 y 0.65, indicando alta y mediana especificidad de hospedero. La diferencia en los valores podría deberse a que en ciertos sistemas estas garrapatas introducidas pueden tener asociaciones más fuertes con ciertos grupos de hospederos como los perros y el ganado bovino (Dantas-Torres, 2010).

En nuestro estudio para *A. mixtum* con el índice d'_i obtuvimos un valor de 0.77, indicando especificidad alta para esta garrapata, en el estudio realizado por Esser *et al.*, (2016) obtuvieron un valor de 0.40 indicando una baja especificidad de hospedero, respectivamente, este resultado puede deberse a que *A. mixtum* pudiera mantener diferentes asociaciones con sus hospederos, según la región y la escala geográfica.

En este trabajo, establecemos el primer registro de *Amblyomma auricularium* en Campeche, México, encontramos esta garrapata manteniendo asociaciones con el armadillo de nueve bandas, de igual manera este hallazgo lo podemos relacionar al poco monitoreo de garrapatas en la región. De manera cualitativa

se considera que *A. auricularium* mantiene una ligera especificidad de hospedero con la familia Dasypodidae (Guglielmone *et al.*, 2003). En nuestro estudio obtuvimos un valor de 0.81 de especificidad de hospedero, lo cual coincide con lo reportado por Esser *et al.*, (2016) donde, a través del índice d'_i , obtuvieron un valor de 0.88-0.97, indicando una alta especificidad de hospedero para esta garrapata, este resultado es esperado debido a que se considera que *A. auricularium* mantiene una fuerte asociación con los armadillos (Guglielmone *et al.*, 2003).

En nuestro estudio observamos que *A. dissimile* tiene alta especificidad de hospedero con un valor de 1 con el índice d'_i . Esto coincide con lo reportado por Esser *et al.* (2018), con este mismo índice obtuvieron un valor de 0.94, lo que indica que esta especie muestra una alta especificidad estructural (Esser *et al.*, 2016), además, el resultado coincide con que esta garrapata se asocia principalmente a reptiles y anfibios.

Respecto a *A. maculatum*, encontramos una baja especificidad de hospedero para esta especie de garrapata con un valor de 0.20 con el índice d'_i , lo cual coincide con los reportes que mencionan que común encontrarla parasitando a una gran diversidad de vertebrados. Esta garrapata funciona como vector de *R. parkeri* (Allerdice *et al.*, 2019), por lo anterior y por ser una garrapata de baja especificidad de hospedero tiene un gran potencial de impactar la salud pública y animal.

Respecto a *Amblyomma ovale*, en nuestro estudio con el índice d'_i para *A. ovale* obtuvimos un valor de 0.04, lo que concuerda con la baja especificidad de hospedero reportada previamente de manera cualitativa, en el estudio de Esser

et al., (2018) con este mismo índice obtuvieron un valor de 0.67 indicando una ligera especificidad de hospedero, (Guglielmone *et al.*, 2003; Murgas *et al.*, 2013).. *A. ovale* al ser una garrapata con una amplia área de distribución, por tener una gran cantidad de hospederos y por estar asociada a agentes causantes de enfermedad representa un riesgo potencial en la aparición de brotes de enfermedades transmitidas por garrapatas, este riesgo potencial podría aumentar al estar parasitando al cerdo asilvestrado.

Respecto a *A. parvum*, en nuestro estudio, observamos una especificidad de hospedero moderada para *A. parvum* con un valor de 0.73 del índice d'_i lo cual indica una moderada especificidad de hospedero. En el estudio de Esser *et al.*, (2018) con el índice d'_i obtuvieron un valor de 0.37, indicando especificidad de hospedero baja. Por su amplia distribución y su moderada especificidad de hospedero esta garrapata tiene el potencial de generar brotes de sus enfermedades asociadas (Nava *et al.*, 2006).

Respecto a las bacterias del género *Anaplasma* asociadas a las garrapatas identificadas en este estudio. *Anaplasma phagocytophilum* al encontrarse presente en las garrapatas en este estudio y al tener una distribución cosmopolita puede implicar que diferentes especies de garrapatas estén participando en el mantenimiento y transmisión de este agente en la región y que también puedan participar como vectores potenciales. *A. phagocytophilum* al poder infectar a humanos y animales tiene el potencial de convertirse en un problema de salud pública y animal. *A. marginale* y *A. ovis* son bacterias que impactan en la producción pecuaria por lo que al encontrarse las garrapatas que funcionan como vectores de esta enfermedad puede causar impacto económico en la producción pecuaria. *A. platys* afecta a los perros y por ser considerada

potencialmente zoonótica se debe establecer un monitoreo de garrapatas y este agente infeccioso.

Ehrlichia chaffeensis y *E. canis*, en México tiene el potencial de provocar brotes de erliquiosis en perros y potencialmente en humanos, ya que se distribuye en las zonas costeras del país, debido a que no se conoce bien cómo afectan estas bacterias al ser humano se requieren monitoreos y estudios sobre esta bacteria. la presencia del cerdo asilvestrado puede facilitar la expansión del área de distribución de este agente infeccioso por su capacidad de recorrer grandes distancias.

Respecto a las bacterias del género *Rickettsia* asociadas a las garrapatas de este estudio. *Rickettsia rickettsii* es de gran importancia en salud pública por lo que al mantener asociaciones con garrapatas del género *Amblyomma* y *Rhipicephalus* pueden causar brotes de la fiebre maculosa de las Montañas Rocosas, por lo que es necesario hacer vigilancia de su área de distribución y sus bacterias asociados. *Rickettsia parkeri* al ser considerada un agente infeccioso emergente, se deben hacer estudios y monitoreos de su distribución, dinámica de las garrapatas. Respecto a *Rickettsia monacensis*, *R. massiliae* y *Candidatus Rickettsia andeane* son bacterias que no se sabe exactamente su impacto en la salud pública y animal (Paddock *et al.*, 2015) por lo que es necesario hacer monitoreos continuos de las garrapatas con las que se asocia (*Rhipicephalus* y *Amblyomma*).

Coxiella burnetii es una bacteria que afecta principalmente a rumiantes (Duron *et al.*, 2015) por lo que puede generar pérdidas económicas en la producción pecuaria y también tiene implicaciones en la salud pública, al no conocerse con

exactitud que garrapatas funcionan como vector se deben hacer estudios sobre el tema.

En cuanto a las bacterias del género *Borrelia* que se asocian a las garrapatas en este estudio. *Borrelia lonestari* y *B. theileri* son bacterias que son causantes de enfermedad en seres humanos y animales (Cutler, 2015), al ser agentes infecciosos olvidados, se deben establecer monitoreos de las garrapatas que los transmiten y también se deben hacer estudios sobre sus implicaciones en salud pública y animal. *Borrelia burgdorferi*, es una bacteria que puede causar un gran impacto en la salud pública (Eisen, 2020), sin embargo, en México existen muy pocos estudios sobre esta enfermedad por lo que se debería ampliar el conocimiento en este tema, especialmente en el norte del país por su cercanía a Estados Unidos.

Respecto a los hemoparásitos que se asocian a las garrapatas reportadas en este estudio. *Babesia bigemina* y *B. bovis*, al afectar principalmente a rumiantes silvestres y domésticos (Cutler, 2015), pueden generar pérdidas económicas en la producción pecuaria y en la salud de los rumiantes silvestres. La presencia del cerdo asilvestrado puede ampliar el rango de distribución de estos agentes infecciosos y también generar brotes en seres humanos, al ser estos huéspedes incidentales. *Theileria equi* es un protozoario que afecta a los équidos (Heim *et al.*, 2007), por lo que puede representar una amenaza a la salud de este grupo de animales. Existen escasos estudios sobre este agente infeccioso por lo que se deberían realizar estudios para conocer el estatus de *T. equi* en el país.

En México existen pocos estudios enfocados en el cerdo asilvestrado, por lo que su implicación en la salud pública y animal no está definida (Maya-Badillo *et al.*,

2020). De igual manera, aunque en el mundo se han descrito las comunidades de garrapatas que se asocian al cerdo asilvestrado (Cleveland *et al.*, 2019; Merrill *et al.*, 2018; Miller *et al.*, 2017), en el país no se habían descrito las garrapatas asociadas a esta especie, por lo que la información generada en este estudio es valiosa. Además, se debe considerar que esta especie invasora tiene un comportamiento sinantrópico que podría estar favoreciendo la transmisión de garrapatas y los agentes infecciosos asociados a estas a hospederos que se encuentren en áreas conservadas (Maya-Badillo *et al.*, 2020; Merrill *et al.*, 2018), así como a hospederos que se distribuyan en áreas periurbanas. Por lo tanto, el papel de los cerdos asilvestrados parece tener gran importancia en la ecología y epidemiología de las garrapatas y las enfermedades transmitidas por estas. Finalmente resulta importante resaltar el papel que pueden desempeñar los cerdos asilvestrados como hospederos de garrapatas que pueden transmitir una gran diversidad de agentes infecciosos a humanos y animales. Los cerdos asilvestrados podrían participar como hospederos puente de agentes infecciosos asociados a garrapatas debido a que pueden establecerse y desplazarse entre áreas conservadas y antropizadas ya que, con base en nuestros resultados, el cerdo asilvestrado representa la intermediación y cercanía en esta red de interacciones de hospederos-garrapatas.

Conclusiones

La eficacia del monitoreo de la riqueza de especies de garrapatas con el cerdo asilvestrado como hospedero centinela en ecosistemas tropicales se ve influenciada por la especificidad de hospedero que exhiben las garrapatas en estos ecosistemas.

A la escala en la que se realizó el presente estudio y con el esfuerzo de muestreo que el diseño de muestreo permitió, el cerdo asilvestrado como hospedero centinela para el estudio de la riqueza de especies de garrapatas neotropicales no se asocia con especies de garrapatas que presentan altos valores de especificidad de hospedero.

El estudio integral de garrapatas debe considerar aspectos como la especificidad de hospedero, la abundancia y la riqueza de hospederos vertebrados a muestrear, características biológicas de los diferentes géneros de garrapatas y la temporalidad.

En la región de Laguna de Términos el cerdo asilvestrado puede ampliar el área de distribución de las garrapatas que lo parasitan y a su vez introducirlas en sitios donde no se encontraban.

El cerdo asilvestrado puede favorecer la transmisión de los agentes infecciosos asociados con las garrapatas que lo parasitan a través de áreas periurbanas, zonas agropecuarias y áreas con bajos niveles de disturbio antropogénico.

Las garrapatas con baja o nula especificidad de hospedero (*Amblyomma maculatum*, *A. mixtum*, *A. ovlae* y *Rhipicephalus annulatus*) tienen mayor potencial de generar brotes de enfermedades que afecten la salud pública y

animal, incluyendo Fiebre manchada, Fiebre maculosa de las Montañas Rocosas, Fiebre Q y Erliquiosis.

Perspectivas

En las aproximaciones de estudio transdisciplinario propias de la ecología de enfermedades, que regularmente se basan en paradigmas integrales, se deben realizar estudios y monitoreos constantes con un adecuado diseño de muestreo que considere la especificidad de hospedero en sus diferentes niveles. Con la finalidad de tener un trabajo más robusto desde el muestreo de garrapatas. Lo anterior permitirá reconocer de mejor manera la riqueza, distribución geográfica y asociaciones parásito-hospedero de las garrapatas en diferentes zonas del estado de Campeche y a su vez nos permitirá plantear diferentes preguntas de investigación sobre la dinámica de las garrapatas en diferentes ambientes y nichos ecológicos. Se debe incorporar la identificación molecular de ninfas y de los agentes asociados a las diferentes especies de garrapatas presentes en la región. Además, se puede complementar este tipo de trabajos con análisis serológicos para abordar, de manera complementaria, la dinámica de las enfermedades transmitidas por garrapatas. A partir de estas aproximaciones se puede desarrollar conocimiento a partir de análisis ecoepidemiológicos como el de redes y modelos estadísticos para generar información más completa del sistema de las enfermedades transmitidas por garrapatas en ecosistemas tropicales y posteriormente aplicar este conocimiento en el control y en la prevención de estas enfermedades.

Referencias

1. Acevedo-Whitehouse, K., y Duffus, A. L. J. (2009). Effects of environmental change on wildlife health. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1534), 3429–3438. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0128>
2. Allerdice, M. E. J., Hecht, J. A., Lash, R. R., Karpathy, S. E., y Paddock, C. D. (2019). *Rickettsia parkeri* and “*Candidatus Rickettsia andeanae*” in *Amblyomma maculatum* (Acari: Ixodidae) collected from the Atlanta metropolitan area, Georgia, United States. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 10(5), 1066–1069. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.05.013>
3. Álvarez-Hernández, G., Roldán, J. F. G., Milan, N. S. H., Lash, R. R., Behravesh, C. B., y Paddock, C. D. (2017). Rocky Mountain spotted fever in Mexico: past, present, and future. *The Lancet Infectious Diseases*, 17(6), e189–e196. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(17\)30173-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(17)30173-1)
4. Anderson, J. F. (2002). The natural history of ticks. In *Medical Clinics of North America* (Vol. 86, Issue 2, pp. 205–218). [https://doi.org/10.1016/S0025-7125\(03\)00083-X](https://doi.org/10.1016/S0025-7125(03)00083-X)
5. Andersson, J. O., y Andersson, S. G. E. (2000). A century of typhus, lice and *Rickettsia*. In *Research in Microbiology* (Vol. 151, Issue 2, pp. 143–150). [https://doi.org/10.1016/S0923-2508\(00\)00116-9](https://doi.org/10.1016/S0923-2508(00)00116-9)
6. Andreotti, R., De León, A. A. P., Dowd, S. E., Guerrero, F. D., Bendele, K. G., & Scoles, G. A. (2011). Assessment of bacterial diversity in the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* through tag-encoded pyrosequencing. *BMC Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-11-6>

7. Araes-Santos, A. I., Moraes-Filho, J., Peixoto, R. M., Spolidorio, M. G., Azevedo, S. S., Costa, M. M., Labruna, M. B., y Horta, M. C. (2015). Ectoparasite Infestations and Canine Infection by Rickettsiae and Ehrlichiae in a Semi-Arid Region of Northeastern Brazil. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 15(11), 645–651. <https://doi.org/10.1089/vbz.2015.1786>
8. Barbieri, A. R. M., Szabó, M. P. J., Costa, F. B., Martins, T. F., Soares, H. S., Pascoli, G., Torga, K., Saraiva, D. G., Ramos, V. N., Osava, C., Gerardi, M., Dias, R. A., Moraes, E. A., Ferreira, F., Castro, M. B., y Labruna, M. B. (2019). Species richness and seasonal dynamics of ticks with notes on rickettsial infection in a Natural Park of the Cerrado biome in Brazil. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 10(2), 442–453. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.12.010>
9. Barrett, R. H., Birmingham, G. H., y Barrett, R. H. (1994). WILD PIGS. In G. E. L. Scott E. Hygnstrom, Robert M. Timm (Ed.), *Prevention and Control of Wildlife Damage* (Issue January). University of Nebraska-Lincoln.
10. Barrios-Garcia, M. N., y Ballari, S. A. (2012). Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: A review. *Biological Invasions*, 14(11), 2283–2300. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0229-6>
11. Beall, M. J., Alleman, A. R., Breitschwerdt, E. B., Cohn, L. A., Couto, C. G., Dryden, M. W., Guptill, L. C., Iazbik, C., Kania, S. A., Lathan, P., Little, S. E., Roy, A., Saylor, K. A., Stillman, B. A., Welles, E. G., Wolfson, W., y Yabsley, M. J. (2012). Seroprevalence of *Ehrlichia canis*, *Ehrlichia chaffeensis* and *Ehrlichia ewingii* in dogs in North America. *Parasites and Vectors*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-29>

12. Beck, D. L., y Orozco, J. P. (2015). Diurnal questing behavior of *Amblyomma mixtum* (Acari: Ixodidae). *Experimental and Applied Acarology*, 66(4), 613–621. <https://doi.org/10.1007/s10493-015-9928-x>
13. Beeler, E., Abramowicz, K. F., Zambrano, M. L., Sturgeon, M. M., Khalaf, N., Hu, R., Dasch, G. A., y Eremeeva, M. E. (2011). A focus of dogs and *Rickettsia massiliae*-infected *Rhipicephalus sanguineus* in California. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 84(2), 244–249. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2011.10-0355>
14. Bendele, K. G., Guerrero, F. D., Miller, R. J., Li, A. Y., Barrero, R. A., Moolhuijzen, P. M., Black, M., McCooke, J. K., Meyer, J., Hill, C. A., y Bellgard, M. I. (2015). Acetylcholinesterase 1 in populations of organophosphate-resistant North American strains of the cattle tick, *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). *Parasitology Research*, 114(8), 3027–3040. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4505-0>
15. Bevins, S. N., Pedersen, K., Lutman, M. W., Gidlewski, T., y Deliberto, T. J. (2014). Consequences associated with the recent range expansion of nonnative feral swine. *BioScience*, 64(4), 291–299. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu015>
16. Blüthgen, N., Menzel, F., y Blüthgen, N. (2006). Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology*, 6. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-6-9>
17. Boulanger, N., Boyer, P., Talagrand-Reboul, E., y Hansmann, Y. (2019). Ticks and tick-borne diseases. *Medecine et Maladies Infectieuses*, 49(2), 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.medmal.2019.01.007>

18. Brooks, D. R., y Hoberg, E. P. (2007). How will global climate change affect parasite-host assemblages? *Trends in Parasitology*, 23(12), 571–574. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2007.08.016>
19. Brown, V. R., Marlow, M. C., Maison, R. M., Gidlewski, T., Bowen, R., y Bosco-Lauth, A. (2019). Current status and future recommendations for feral swine disease surveillance in the United States. *Journal of Animal Science*, 97(6), 2279–2282. <https://doi.org/10.1093/jas/skz054>
20. Brown, V. R., Marlow, M. C., Maison, R. M., Gidlewski, T., Bowen, R., y Bosco-Lauth, A. (2019). Current status and future recommendations for feral swine disease surveillance in the United States. *Journal of Animal Science*, 97(6), 2279–2282. <https://doi.org/10.1093/jas/skz054>
21. Budachetri, K., Browning, R. E., Adamson, S. W., Dowd, S. E., Chao, C.-C., Ching, W.-M., y Karim, S. (2014). An Insight Into the Microbiome of the *Amblyomma maculatum* (Acari: Ixodidae). *Journal of Medical Entomology*, 51(1), 119–129. <https://doi.org/10.1603/ME12223>
22. Cabezas-Cruz, A., Vayssier-Taussat, M., y Greub, G. (2018). Tick-borne pathogen detection: what's new? *Microbes and Infection*, 20(7–8), 441–444. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2017.12.015>
23. Campeche clima. Recuperado de: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/camp/territorio/clima.aspx?tema=me&e=04>
24. Campeche, Número de habitantes. (2015). Recuperado de: <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/camp/poblacion/default.aspx?tema=me&e=04>

25. Campos-Calderón, L., Ábrego-Sánchez, L., Solórzano-Morales, A., Alberti, A., Tore, G., Zobba, R., Jiménez-Rocha, A. E., y Dolz, G. (2016). Molecular detection and identification of Rickettsiales pathogens in dog ticks from Costa Rica. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 7(6), 1198–1202. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2016.07.015>
26. Cantú-Martínez, M. A., Segura-Correa, J. C., Silva-Páez, M. L., Avalos-Ramírez, R., & Wagner, G. G. (2012). Prevalence of Antibodies to *Theileria equi* and *Babesia caballi* in Horses From Northeastern Mexico. *Journal of Parasitology*, 98(4), 869–870. <https://doi.org/10.1645/ge-3064.1>
27. Cantú-Martínez, M. A., Segura-Correa, J. C., Silva-Páez, M. L., Avalos-Ramírez, R., y Wagner, G. G. (2012). Prevalence of Antibodies to *Theileria equi* and *Babesia caballi* in Horses From Northeastern Mexico. *Journal of Parasitology*, 98(4), 869–870. <https://doi.org/10.1645/ge-3064.1>
28. Cardoso, L., Gilad, M., Cortes, H. C. E., Nachum-Biala, Y., Lopes, A. P., Vila-Viçosa, M. J., Simões, M., Rodrigues, P. A., y Baneth, G. (2015). First report of *Anaplasma platys* infection in red foxes (*Vulpes vulpes*) and molecular detection of *Ehrlichia canis* and *Leishmania infantum* in foxes from Portugal. *Parasites and Vectors*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0756-y>
29. Caron, A., Cappelle, J., Cumming, G. S., De Garine-Wichatitsky, M., & Gaidet, N. (2015). Bridge hosts, a missing link for disease ecology in multi-host systems. *Veterinary Research*, 46(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13567-015-0217-9>

30. Chen, L., Zheng, Y., Gao, C., Mi, X. C., Ma, K. P., Wubet, T., y Guo, L. D. (2017). Phylogenetic relatedness explains highly interconnected and nested symbiotic networks of woody plants and arbuscular mycorrhizal fungi in a Chinese subtropical forest. *Molecular Ecology*, 26(9), 2563–2575. <https://doi.org/10.1111/mec.14061>
31. Chen, L. F., y Sexton, D. J. (2008). What's New in Rocky Mountain Spotted Fever? *Infectious Disease Clinics of North America*, 22(3), 415–432. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2008.03.008>
32. Cohen, E. B., Auckland, L. D., Marra, P. P., y Hamer, S. A. (2015). Avian migrants facilitate invasions of neotropical ticks and tick-borne pathogens into the United States. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(24), 8366–8378. <https://doi.org/10.1128/AEM.02656-15>
33. Cohnstaedt, L. W., Rochon, K., Duehl, A. J., Anderson, J. F., Barrera, R., Su, N.-Y., Gerry, A. C., Obenauer, P. J., Campbell, J. F., Lysyk, T. J., y Allan, S. A. (2012). Arthropod Surveillance Programs: Basic Components, Strategies, and Analysis. *Annals of the Entomological Society of America*, 105(2), 135–149. <https://doi.org/10.1603/an11127>
34. CONANP. Área de Protección de Flora y Fauna. (2009). https://simec.conanp.gob.mx/TTH/Terminos/Terminos_TTH_2001_2009.pdf
35. CONANP. Laguna de Términos. (2019). Recuperado de <https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=118®=5>
36. Cooper, N., Griffin, R., Franz, M., Omotayo, M., y Nunn, C. L. (2012). Phylogenetic host specificity and understanding parasite sharing in

primates. *Ecology Letters*, 15(12), 1370–1377.

<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01858.x>

37. Costa, F. B., Martins, T. F., Muñoz-Leal, S., de Azevedo Serpa, M. C., Ogrzewalska, M., Luz, H. R., Barros-Battesti, D. M., de Carvalho Mesquita, E. T. K., da Costa, A. P., de Maria Seabra Nogueira, R., y Labruna, M. B. (2020). Retrospective and new records of ticks (Acari: Argasidae, Ixodidae) from the state of Maranhão, an Amazon-Cerrado transition area of Brazil. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 21(March), 100413. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100413>
38. Cruz-Vazquez, C., y Garcia-Vazquez, Z. (1999). Short Communication Seasonal distribution of *Rhipicephalus sanguineus* ticks (Acari: Ixodidae) on dogs in an urban area of Morelos, Mexico. *Experimental y Applied Acarology*, 23(3), 277–280. <https://doi.org/10.1023/A:1006075232455>
39. Cumming, G. S. (1998). Host preference in African ticks (Acari: Ixodida): a quantitative data set. *Bulletin of Entomological Research*, 88(4), 379–406. <https://doi.org/10.1017/s0007485300042139>
40. Cutler, S. J. (2015). Relapsing Fever Borreliae: A Global Review. In *Clinics in Laboratory Medicine* (Vol. 35, Issue 4, pp. 847–865). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.cll.2015.07.001>
41. Dallas, T. A., Han, B. A., Nunn, C. L., Park, A. W., Stephens, P. R., & Drake, J. M. (2019). Host traits associated with species roles in parasite sharing networks. *Oikos*, 128(1), 23–32. <https://doi.org/10.1111/oik.05602>
42. Dantas-Torres, F., Chomel, B. B., y Otranto, D. (2012). Ticks and tick-borne diseases: A One Health perspective. *Trends in Parasitology*, 28(10), 437–446. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2012.07.003>

43. Dantas-Torres, F. (2015). Climate change, biodiversity, ticks and tick-borne diseases: The butterfly effect. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 4(3), 452–461. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2015.07.001>
44. Dantas-Torres, F. (2018). Species Concepts: What about Ticks? In *Trends in Parasitology* (Vol. 34, Issue 12, pp. 1017–1026). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2018.09.009>
45. de Sousa, K. C. M., Fernandes, M. P., Herrera, H. M., Freschi, C. R., Machado, R. Z., y André, M. R. (2018). Diversity of piroplasmids among wild and domestic mammals and ectoparasites in Pantanal wetland, Brazil. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 9(2), 245–253. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2017.09.010>
46. Delogu, M., Cotti, C., Vaccari, G., Raffini, E., Frasnelli, M., Nicoloso, S., Biacchessi, V., Boni, A., Foni, E., Castrucci, M. R., y De Marco, M. A. (2019). Serologic and virologic evidence of influenza A viruses in wild boars (*Sus scrofa*) from two different locations in Italy. *Journal of Wildlife Diseases*, 55(1), 158–163. <https://doi.org/10.7589/2017-11-285>
47. Domínguez, L., Miranda, R. J., Torres, S., Moreno, R., Ortega, J., y Bermúdez, S. E. (2019). Hard tick (Acari: Ixodidae) survey of Oleoducto trail, Soberania National Park, Panama. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 10(4), 830–837. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.04.001>
48. Dormann, C. F. (2019). *Using bipartite to describe and plot two-mode networks in R*. 28.
49. Dormann, C. F., Freund, J., Gruber, B., Beckett, S., Devoto, M., Felix, G., Iriando, J., Opsahl, T., Pinheiro, R., Strauss, R., Vazquez, D., Bluthgen,

- N., Clauset, A., y Rodriguez-Girones, M. (2020). *Package “bipartite”*: visualizing bipartite networks and calculating some (ecological) indices (pp. 1–175). <https://cran.r-project.org/web/packages/bipartite/bipartite.pdf>
50. Dormann, C. F., Frund, J., Bluthgen, N., y Gruber, B. (2009). Indices, Graphs and Null Models: Analyzing Bipartite Ecological Networks. *The Open Ecology Journal*, 2(1), 7–24. <https://doi.org/10.2174/1874213000902010007>
51. Doudier, B., Olano, J., Parola, P., y Brouqui, P. (2010). Factors contributing to emergence of *Ehrlichia* and *Anaplasma* spp. as human pathogens. *Veterinary Parasitology*, 167(2–4), 149–154. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.09.016>
52. Dugan, V. G., Yabsley, M. J., Tate, C. M., Mead, D. G., Munderloh, U. G., Herron, M. J., Stallknecht, D. E., Little, S. E., y Davidson, W. R. (2006). Evaluation of White-Tailed Deer (*Odocoileus virginianus*) as Natural Sentinels for *Anaplasma phagocytophilum*. 6(2), 192–207.
53. Dumler, J. S., Madigan, J. E., Pusterla, N., y Bakken, J. S. (2007). Ehrlichioses in Humans: Epidemiology, Clinical Presentation, Diagnosis, and Treatment. *Clinical Infectious Diseases*, 45(Supplement_1), S45–S51. <https://doi.org/10.1086/518146>
54. Dunn, R. R., Harris, N. C., Colwell, R. K., Koh, L. P., & Sodhi, N. S. (2009). The sixth mass coextinction: Are most endangered species parasites and mutualists? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1670), 3037–3045. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.0413>
55. Duron, O., Sidi-Boumedine, K., Rousset, E., Moutailler, S., y Jourdain, E. (2015). The Importance of Ticks in Q Fever Transmission: What Has (and

- Has Not) Been Demonstrated? *Trends in Parasitology*, 31(11), 536–552.
<https://doi.org/10.1016/j.pt.2015.06.014>
56. Eisen, L. (2020). Vector competence studies with hard ticks and *Borrelia burgdorferi* sensu lato spirochetes: A review. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 11(3), 101359. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.101359>
57. Espinaze, M. P. A., Hellard, E., Horak, I. G., y Cumming, G. S. (2016). Analysis of large new South African dataset using two host-specificity indices shows generalism in both adult and larval ticks of mammals. *Parasitology*, 143(3), 366–373.
<https://doi.org/10.1017/S0031182015001730>
58. Esser, H. J., Foley, J. E., Bongers, F., Herre, E. A., Miller, M. J., Prins, H. H. T., y Jansen, P. A. (2016). Host body size and the diversity of tick assemblages on Neotropical vertebrates. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 5(3), 295–304.
<https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2016.10.001>
59. Esser, H. J., Herre, E. A., Blüthgen, N., Loaiza, J. R., Bermúdez, S. E., & Jansen, P. A. (2016). Host specificity in a diverse Neotropical tick community: An assessment using quantitative network analysis and host phylogeny. *Parasites and Vectors*, 9(1), 1–14.
<https://doi.org/10.1186/s13071-016-1655-6>
60. Esteves, E., Bastos, C. V., Zivkovic, Z., de La Fuente, J., Kocan, K., Blouin, E., Ribeiro, M. F. B., Passos, L. M. F., y Daffre, S. (2009). Propagation of a Brazilian isolate of *Anaplasma marginale* with appendage in a tick cell line (BME26) derived from *Rhipicephalus* (*Boophilus*)

- microplus. *Veterinary Parasitology*, 161(1–2), 150–153.
<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.12.006>
61. Estrada-Peña, A. (2003). Climate change decreases habitat suitability for some tick species (Acari: Ixodidae) in South Africa. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 70(2), 79–93.
62. Estrada-Peña, A., y Venzal, J. M. (2006). High-resolution predictive mapping for *Boophilus annulatus* and *B. microplus* (Acari: ixodidae) in Mexico and Southern Texas. *Veterinary Parasitology*, 142(3–4), 350–358.
<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.07.003>
63. Estrada-Peña, A., Horak, I. G., y Petney, T. (2008). Climate changes and suitability for the ticks *Amblyomma hebraeum* and *Amblyomma variegatum* (Ixodidae) in Zimbabwe (1974-1999). *Veterinary Parasitology*, 151(2–4), 256–267. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.11.014>
64. Estrada-Peña, A., Gray, J. S., Kahl, O., Lane, R. S., y Nijhof, A. M. (2013). Research on the ecology of ticks and tick-borne pathogens- methodological principles and caveats. In *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology* (Vol. 4, Issue AUG, pp. 1–12).
<https://doi.org/10.3389/fcimb.2013.00029>
65. Faccini-Martínez, Á. A., Muñoz-Leal, S., Krawczak, F. S., Acosta, I. C. L., Martins, T. F., Serpa, M. C. A., Barbieri, A. R. M., Tovar, J. R., Cerutti Junior, C., y Labruna, M. B. (2020). Epidemiological aspects of *Rickettsia parkeri* in the Atlantic forest biome of Espírito Santo state, Brazil. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 11(2), 101319.
<https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.101319>

66. Fenton, A. (2005). Framework for Classifying Community Epidemiology Disease Threats. *Emerging Infectious Diseases*, 11(12), 1815–1821.
<https://doi.org/10.1002/pi.4980160222>
67. Fernández-Salas, A., Rodríguez-Vivas, R. I., y Alonso-Díaz, M. A. (2012). First report of a *Rhipicephalus microplus* tick population multi-resistant to acaricides and ivermectin in the Mexican tropics. *Veterinary Parasitology*, 183(3–4), 338–342. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.07.028>
68. Fesler, M. C., Shah, J. S., Middmemielveen, M. J., Du Cruz, I., Burrascano, J. J., y Stricker, R. B. (2020). Lyme Disease: Diversity of *Borrelia* Species in California and Míaexico Detected Using a Novel Immunoblot Assay. *Healthcare*, 8(2), 97.
<https://doi.org/10.3390/healthcare8020097>
69. Franklinos, L. H. V., Jones, K. E., Redding, D. W., y Abubakar, I. (2019). The effect of global change on mosquito-borne disease. In *The Lancet Infectious Diseases* (Vol. 19, Issue 9, pp. e302–e312). Elsevier Ltd.
[https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(19\)30161-6](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(19)30161-6)
70. Galaviz-Silva, L., Pérez-Treviño, K. C., y Molina-Garza, Z. J. (2013). Distribution of ixodid ticks on dogs in Nuevo León, Mexico, and their association with *Borrelia burgdorferi* sensu lato. *Experimental and Applied Acarology*, 61(4), 491–501. <https://doi.org/10.1007/s10493-013-9707-5>
71. García Tapia, D., Alvarez Martínez, J. A., Figueroa Millán, J. V., y Vega y Murguía, C. A. (2003). Babesiosis Bovina : Características Relevantes de la Respuesta Inmune. *Ciencia Veterinaria*, 9(1), 105–122.
72. Ghafar, M. W., y Amer, S. A. (2012). Prevalence and first molecular characterization of *Anaplasma phagocytophilum*, the agent of human

- granulocytic anaplasmosis, in *Rhipicephalus sanguineus* ticks attached to dogs from Egypt. *Journal of Advanced Research*, 3(2), 189–194.
<https://doi.org/10.1016/j.jare.2011.08.002>
73. Ginsberg, H. S. (1989). Comparison of Flagging , Walking , Trapping , and Collecting from Hosts as Sampling Methods for Northern Deer Ticks , *Ixodes dammini* , and Lone- Star Ticks , *Amblyomma americanum*. *Experimental y Applied Acarology*, 7, 313–322.
74. Gordillo-Pérez, G., Vargas, M., Solórzano-Santos, F., Rivera, A., Polaco, O. J., Alvarado, L., Muñoz, O., y Torres, J. (2009). Demonstration of *Borrelia burgdorferi* sensu stricto infection in ticks from the northeast of Mexico. *Clinical Microbiology and Infection*, 15(5), 496–498.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2009.02776.x>
75. Gotelli, N. J., y Ulrich, W. (2012). Statistical challenges in null model analysis. *Oikos*, 121(2), 171–180. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2011.20301.x>
76. Guerrero, F. D., Bendele, K. G., Davey, R. B., & George, J. E. (2007). Detection of *Babesia bigemina* infection in strains of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* collected from outbreaks in South Texas. *Veterinary Parasitology*, 145(1–2), 156–163.
<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.11.014>
77. Guglielmone, A. A., Mangold, A. J., Estrada Pena, A., Luciani, C. A., y Keirans, I. E. (2003). Hosts and distribution of *Amblyomma auricularium* (Conil 1878) and *Amblyomma pseudoconcolor*, 1908 (Acari: Ixodidae). *Experimental and Applied Acarology*, 29(Conil 1878), 131–139.

78. Guglielmone, A. A., Estrada-Peña, A., Mangold, A. J., Barros-Battesti, D. M., Labruna, M. B., Martins, J. R., Venzal, J. M., Arzua, M., y Keirans, J. E. (2003). *Amblyomma aureolatum* (Pallas, 1772) and *Amblyomma ovale* Koch, 1844 (Acari: Ixodidae): Hosts, distribution and 16S rDNA sequences. *Veterinary Parasitology*, 113(3–4), 273–288. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(03\)00083-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(03)00083-9)
79. Guglielmone, Alberto A. Robbins, Richard G. Apanaskevich, Dmitry A. Petney, Trevor N. Estrada-Peña, A. (2010). The Argasidae, Ixodidae and Nuttalliellidae (Acari: Ixodida) of the world: a list of valid species names. *Zootaxa*, 1998, 535–551. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23057-3_31
80. Guglielmone, A. A., y Nava, S. (2010). Hosts of *Amblyomma dissimile* Koch, 1844 and *Amblyomma rotundatum* Koch, 1844 (Acari: Ixodidae). *Zootaxa*, 49(2541), 27–49. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2541.1.2>
81. Guglielmone, A. A., Robbins, R. G., Apanaskevich, D. A., Petney, T. N., Estrada-Peña, A., Horak, I. G., Shao, R., y Barker, S. C. (2010). The argasidae, Ixodidae and Nuttalliellidae (Acari: Ixodida) of the world: A list of valid species names. *Zootaxa*, 28(2528), 1–28. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2528.1.1>
82. Guglielmone, A. A., Robbins, R. G., Apanaskevich, D. A., Petney, T. N., Estrada-Peña, A., & Horak, I. G. (2014). The Hard Ticks of the World. In *The Hard Ticks of the World*. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7497-1>.
83. Guillemi, E. C., Orozco, M. M., Argibay, H. D., y Farber, M. D. (2019). Evidence of *Ehrlichia chaffeensis* in Argentina through molecular detection in marsh deer (*Blastocerus dichotomus*). *International Journal for*

- Parasitology: Parasites and Wildlife*, 8(December 2018), 45–49.
<https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2018.12.004>
84. Guzmán-Cornejo, C., Herrera-Mares, A., Robbins, R. G., y Rebollo-Hernández, A. (2019). The soft ticks (Parasitiformes: Ixodida: Argasidae) of Mexico: Species, hosts, and geographical distribution. *Zootaxa*, 4623(3), 485–525. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4623.3.3>
85. Guzmán-Cornejo, C., y Robbins, R. G. (2010). The genus *Ixodes* (Acari : Ixodidae) in Mexico : adult identification keys , diagnoses , hosts , and distribution El género *Ixodes* (Acari : Ixodidae) en México : claves de identificación para adultos , diagnosis , huéspedes y distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81(6), 289–298.
86. Guzmán-Cornejo, C., Robbins, R. G., Guglielmone, A. A., Montiel-Parra, G., y Pérez, T. M. (2011). The *Amblyomma* (Acari: Ixodida: Ixodidae) of Mexico: Identification Keys, distribution and hosts. *Zootaxa*, 2998, 16–38. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2998.1.2>
87. Guzmán-Cornejo, C., Robbins, R. G., Guglielmone, A. A., Montiel-Parra, G., Rivas, G., y Pérez, T. M. (2016). The *Dermacentor* (Acari, Ixodida, ixodidaenava) of Mexico: Hosts, geographical distribution and new records. *ZooKeys*, 2016(569), 1–22. <https://doi.org/10.3897/zookeys.569.7221>
88. Halliday, J. E. B., Meredith, A. L., Knobel, D. L., Shaw, D. J., Bronsvoort, B. M. D. C., y Cleaveland, S. (2007). A framework for evaluating animals as sentinels for infectious disease surveillance. *Journal of the Royal Society Interface*, 4(16), 973–984. <https://doi.org/10.1098/rsif.2007.0237>

89. Hamer, S. A., Tsao, J. I., Walker, E. D., Mansfield, L. S., Foster, E. S., y Hickling, G. J. (2009). *Use of tick surveys and serosurveys to evaluate pet dogs as a sentinel species for emerging Lyme disease*. *70*(1), 49–56.
90. Hassell, J. M., Begon, M., Ward, M. J., y Fèvre, E. M. (2017). Urbanization and Disease Emergence: Dynamics at the Wildlife–Livestock–Human Interface. *Trends in Ecology and Evolution*, *32*(1), 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.09.012>
91. Heekin, A. M., Guerrero, F. D., Bendele, K. G., Saldivar, L., Scoles, G. A., Gondro, C., Nene, V., Djikeng, A., & Brayton, K. A. (2012). Analysis of *Babesia bovis* infection-induced gene expression changes in larvae from the cattle tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Parasites and Vectors*, *5*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-162>
92. Heim, A., Passos, L. M. F., Ribeiro, M. F. B., Costa, L. M., Bastos, C. V., Cabral, D. D., Hirzmann, J., y Pfister, K. (2007). Detection and molecular characterization of *Babesia caballi* and *Theileria equi* isolates from endemic areas of Brazil. *Parasitology Research*, *102*(1), 63–68. <https://doi.org/10.1007/s00436-007-0726-1>
93. Hermans, P., Dwinger, R., y Buening, G. (1994). *Seasonal incidence and hemoparasite infection rates of Ixodid ticks (Acari: Ixodidae) detached from cattle in Costa Rica*. *42*(3), 623–632.
94. Hernández-Pérez, E. L., Castillo-Vela, G., García-Marmolejo, G., Hidalgo-Mihart, M., Contreras-Moreno, F. M., Jesús-De la Cruz, A., Juárez-López, R., y Reyna-Hurtado, R. (2020). Ecological relationships between collared peccaries and feral pigs in southern Mexico: Evidence for niche

- partitioning? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91(February).
<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.2977>
95. Hernández-pérez, E. L., Vela, G. C., Marmolejo, G. G., Hidalgo-mihart, M., López, M. S., y Contreras-moreno, F. M. (2019). (Artiodactyla : Suidae) y el pecarí de collar , *Pecari tajacu* (Artiodactyla : Tayassuidae) en la región de Laguna de Términos , México. 67(December), 1–10.
96. Hernández-Pérez, E., Castillo Vela, G., García-Marmolejo, G., Hidalgo Mihart, M., López, M., Contreras Moreno, F., Cruz, A., Juárez López, R., Reyna-Hurtado, R., y Tobón-Sampedro, A. (2019). Distribución potencial del cerdo asilvestrado, *Sus scrofa* (Artiodactyla: Suidae) y el pecarí de collar, *Pecari tajacu* (Artiodactyla: Tayassuidae) en la región de Laguna de Términos, México. *Revista de Biología Tropical*, 67, 1170–1179.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v67i6.37006>
97. Hertz, J. C., Ferree Clemons, B. C., Lord, C. C., Allan, S. A., y Kaufman, P. E. (2017). Distribution and host associations of ixodid ticks collected from wildlife in Florida, USA. *Experimental and Applied Acarology*, 73(2), 223–236. <https://doi.org/10.1007/s10493-017-0183-1>
98. Hidalgo-Mihart, M. G., Pérez-Hernández, D., Pérez-Solano, L. A., Contreras-Moreno, F., Angulo-Morales, J., y Hernández-Nava, J. (2014). Primer registro de una población de cerdos asilvestrados en el área de la Laguna de Términos, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(3), 990–994. <https://doi.org/10.7550/rmb.38520>
99. Holt, R. D., Dobson, A. P., Begon, M., Bowers, R. G., y Schaubert, E. M. (2003). Parasite establishment in host communities. *Ecology Letters*, 6(9), 837–842. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00501.x>

100. Hoogstrall, H. ., y Aeschlimann, A. (1982). Tick-Host Specificity. *Bulletin de La Société Entomologique Suisse*, 55, 5–32.
101. Hsieh, T. C., Ma, K. H., y Chao, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12), 1451–1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
102. Hubálek, Z. (2003). Emerging human infectious diseases: anthroponoses, zoonoses, and sapronoses. In *Emerging infectious diseases* (Vol. 9, Issue 3, pp. 403–404). <https://doi.org/10.3201/eid0903.020208>
103. J., A. y R., Villavicencio-Pedraza & B., V. & J., J. & Avalos-Ramírez, Ramiro & Zárata-Ramos, Juan & F., J. & V., M.. (2014). Prevalence of anti-*Anaplasma phagocytophilum* antibodies among dogs from Monterrey, Mexico. *African Journal of Microbiology Research*. 8. 825-829. 10.5897/AJMR2013.6128.
104. Jalovecka, M., Sojka, D., Ascencio, M., y Schnittger, L. (2019). Babesia Life Cycle – When Phylogeny Meets Biology. *Trends in Parasitology*, 35(5), 356–368. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2019.01.007>
105. Jameson, L. J., y Medlock, J. M. (2011). Tick surveillance in Great Britain. *shmiVector-Borne and Zoonotic Diseases*, 11(4), 403–412. <https://doi.org/10.1089/vbz.2010.0079>
106. Jiang, J., Stromdahl, E. Y., y Richards, A. L. (2012). Detection of *rickettsia parkeri* and *candidatus rickettsia andeanae* in *amblyomma maculatum* gulf coast ticks collected from humans in the United States.

- Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 12(3), 175–182.
<https://doi.org/10.1089/vbz.2011.0614>
107. Jolley, D. B., Ditchkoff, S. S., Sparklin, B. D., Hanson, L. B., Mitchell, M. S., y Grand, J. B. (2010). Estimate of herpetofauna depredation by a population of wild pigs. *Journal of Mammalogy*, 91(2), 519–524.
<https://doi.org/10.1644/09-mamm-a-129.1>
108. Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., & Daszak, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451(7181), 990–993.
<https://doi.org/10.1038/nature06536>
109. Jongejans, F., y Uilenberg, G. (2004). The global importance of ticks. *Parasitology*, 129(SUPPL.). <https://doi.org/10.1017/S0031182004005967>
110. Kamiya, T., O'Dwyer, K., Nakagawa, S., y Poulin, R. (2014). What determines species richness of parasitic organisms? A meta-analysis across animal, plant and fungal hosts. *Biological Reviews*, 89(1), 123–134.
<https://doi.org/10.1111/brv.12046>
111. Kang, Y. J., Diao, X. N., Zhao, G. Y., Chen, M. H., Xiong, Y., Shi, M., Fu, W. M., Guo, Y. J., Pan, B., Chen, X. P., Holmes, E. C., Gillespie, J. J., Dumler, S. J., & Zhang, Y. Z. (2014). Extensive diversity of Rickettsiales bacteria in two species of ticks from China and the evolution of the Rickettsiales. *BMC Evolutionary Biology*, 14(1), 1–12.
<https://doi.org/10.1186/s12862-014-0167-2>
112. Kilpatrick, A. M., y Randolph, S. E. (2012). Drivers, dynamics, and control of emerging vector-borne zoonotic diseases. *The Lancet*, 380(9857), 1946–1955. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61151-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61151-9)

113. Kim, H. J., Krishnavajhala, A., Armstrong, B. A., Pérez De León, A. A., Filatov, S., Teel, P. D., y Lopez, J. E. (2020). Humoral immune response of pigs, *Sus scrofa domesticus*, upon repeated exposure to blood-feeding by *Ornithodoros turicata* Duges (Ixodida: Argasidae). *Parasites and Vectors*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-020-3931-8>
114. Kim, H. J., Krishnavajhala, A., Armstrong, B. A., Pérez De León, A. A., Filatov, S., Teel, P. D., y Lopez, J. E. (2020). Humoral immune response of pigs, *Sus scrofa domesticus*, upon repeated exposure to blood-feeding by *Ornithodoros turicata* Duges (Ixodida: Argasidae). *Parasites and Vectors*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-020-3931-8>
115. Klafke, G. M., Moreno, H. C., Tidwell, J. P., Miller, R. J., Thomas, D. B., Feria-Arroyo, T. P., y Pérez de León, A. A. (2020). Partial characterization of the voltage-gated sodium channel gene and molecular detection of permethrin resistance in *Rhipicephalus annulatus* (Say, 1821). *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 11(3), 101368. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.101368>
116. Klompen, J. S. H., Black, W. C., Keirans, J. E., y Oliver, J. H. (1996). Evolution of Ticks. *Annual Review of Entomology*, 41(1), 141–161. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.001041>
117. Kocan, K. M., de la Fuente, J., Blouin, E. F., Coetzee, J. F., y Ewing, S. A. (2010). The natural history of *Anaplasma marginale*. *Veterinary Parasitology*, 167(2–4), 95–107. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.09.012>

118. Kocan, K., De la Fuente, J., y Blounin, E. (2008). Advances toward understanding the molecular biology of the Anaplasma-tick interface. *Frontiers in Bioscience*, *13*, 7032–7045.
119. Krasnov, B. R., Mouillot, D., Shenbrot, G. I., Khokhlova, I. S., & Poulin, R. (2010). Deconstructing spatial patterns in species composition of ectoparasite communities: The relative contribution of host composition, environmental variables and geography. *Global Ecology and Biogeography*, *19*(4), 515–526. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00529.x>
120. Krawczak, F. S., y Labruna, M. B. (2018). The rice rat *Euryoryzomys russatus*, a competent amplifying host of *Rickettsia parkeri* strain Atlantic rainforest for the tick *Amblyomma ovale*. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, *9*(5), 1133–1136. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.04.013>
121. Leighton, P. A., Koffi, J. K., Pelcat, Y., Lindsay, L. R., y Ogden, N. H. (2012). Predicting the speed of tick invasion: An empirical model of range expansion for the Lyme disease vector *Ixodes scapularis* in Canada. *Journal of Applied Ecology*, *49*(2), 457–464. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02112.x>
122. Li, A. Y., Adams, P. J., Mohammad, Y. A., y Stanley, G. F. (2010). High prevalence of *Rickettsia gravesii* sp. nov. in *Amblyomma triguttatum* collected from feral pigs. *Veterinary Microbiology*, *146*(1–2), 59–62. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2010.04.018>
123. Linthicum, K. J., Logan, T. M., Bailey, C. L., Gordon, S. W., Peters, C. J., Monath, T. P., Osorio, J., Francly, D. B., McLean, R. G., y Leduc, J. W. (1991). Venezuelan equine encephalomyelitis virus infection in and

- transmission by the tick *Amblyomma cajennense* (Arachnida: Ixodidae). *Journal of Medical Entomology*, 28(3), 405–409. <https://doi.org/10.1093/jmedent/28.3.405>
124. Lira-Amaya, J. J., Rojas-Martínez, C., Álvarez-Martínez, A., Pelaez-Flores, A., Martínez-Ibañez, F., de la Rosa, D., y Figueroa-Millan, J. V. (2017). First Molecular Detection of *Babesia canis vogeli* in Dogs and *Rhipicephalus sanguineus* from Mexico. *Archives of Palliative Care*, 2(2), 1013.
125. Lohmeyer, K. H., Pound, J. M., May, M. A., Kammlah, D. M., & Davey, R. B. (2011). Distribution of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* and *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus* (Acari: Ixodidae) Infestations Detected in the United States Along the Texas/Mexico Border. *Journal of Medical Entomology*, 48(4), 770–774. <https://doi.org/10.1603/me10209>
126. Lopes, M. G., Muñoz-Leal, S., de Lima, J. T. R., Fournier, G. F. da S. R., Acosta, I. da C. L., Martins, T. F., Ramirez, D. G., Gennari, S. M., y Labruna, M. B. (2018). Ticks, rickettsial and erlichial infection in small mammals from Atlantic forest remnants in northeastern Brazil. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 7(3), 380–385. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2018.10.001>
127. López-Pérez, A. M., Sánchez-Montes, S., Foley, J., Guzmán-Cornejo, C., Colunga-Salas, P., Pascoe, E., Becker, I., Delgado-de la Mora, J., Licona-Enriquez, J. D., & Suzan, G. (2019). Molecular evidence of *Borrelia burgdorferi* sensu stricto and *Rickettsia massiliae* in ticks collected from a domestic-wild carnivore interface in Chihuahua, Mexico.

Ticks and Tick-Borne Diseases, 10(5), 1118–1123.

<https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.05.018>

128. McFarlane, R., Sleight, A., & McMichael, T. (2012). Synanthropy of wild mammals as a determinant of emerging infectious diseases in the Asian-Australasian region. *EcoHealth*, 9(1), 24–35. <https://doi.org/10.1007/s10393-012-0763-9>
129. Madeddu, G., Mancini, F., Caddeo, A., Ciervo, A., Babudieri, S., Maida, I., Fiori, M. L., Rezza, G., y Mura, M. S. (2012). *Rickettsia monacensis* as cause of Mediterranean spotted fever-like illness, Italy. *Emerging Infectious Diseases*, 18(4), 702–704. <https://doi.org/10.3201/eid1804.111583>
130. Martínez-Hernández, J. M., Ballados-González, G. G., Fernández-Bandala, D., Martínez-Soto, S., Velázquez-Osorio, V., Martínez-Rodríguez, P. B., Cruz-Romero, A., Grostieta, E., Lozano-Sardaneta, Y., Colunga Salas, P., Becker, I., y Sánchez-Montes, S. (2019). Molecular detection of *Mycoplasma ovis* in an outbreak of hemolytic anemia in sheep from Veracruz, Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 51(1), 243–248. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1648-x>
131. Maya-Badillo, B., Ojeda-Flores, R., Chaves, A., Reveles-Félix, S., Orta-Pineda, G., Martínez-Mercado, M., Saavedra-Montañez, M., Segura, R., Sanvicente, M., & Sánchez-Betancourt, J. (2020). Eco-Epidemiological Evidence of the Transmission of Avian and Human Influenza A Viruses in Wild Pigs in Campeche, Mexico. *Viruses*, 12, 528. <https://doi.org/10.3390/v12050528>

132. Mayer, J., & Brisbin, I. (2009). *Wild pigs: biology, damage, control techniques and management*. <https://doi.org/10.2172/975099>
133. Medlock, J. M., Hansford, K., Vaux, A. G. C., Simonsen, W., Jensen, J. K., Joensen, C., Versteirt, V., y Hansen, L. J. (2017). Surveillance for *Ixodes ricinus* ticks (Acari, Ixodidae) on the Faroe Islands. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 8(1), 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2016.11.001>
134. Melo, A. L. T., Martins, T. F., Horta, M. C., Moraes-Filho, J., Pacheco, R. C., Labruna, M. B., y Aguiar, D. M. (2011). Seroprevalence and risk factors to *Ehrlichia* spp. and *Rickettsia* spp. in dogs from the Pantanal Region of Mato Grosso State, Brazil. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 2(4), 213–218. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2011.09.007>
135. Merrill, M. M., Boughton, R. K., Lord, C. C., Sayler, K. A., Wight, B., Anderson, W. M., y Wisely, S. M. (2018). Wild pigs as sentinels for hard ticks: A case study from south-central Florida. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 7(2), 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2018.04.003>
136. Mertins, J. W., Vigil, S. L., y Corn, J. L. (2017). *Amblyomma auricularium* (Ixodida: Ixodidae) in Florida: New Hosts and Distribution Records. *Journal of Medical Entomology*, 54(1), 132–141. <https://doi.org/10.1093/jme/tjw159>
137. Mesquita-Neto, J. N., Blüthgen, N., y Schlindwein, C. (2018). Flowers with poricidal anthers and their complex interaction networks—Disentangling legitimate pollinators and illegitimate visitors. *Functional Ecology*, 32(10), 2321–2332. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13204>

138. Morrone, J. J. (2008). Endemism. In B. Fath (Ed.), *Encyclopedia of Ecology* (Second Edition) (Second Edition, pp. 81–86). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63768-0.00786-1>
139. Murgas, I. L., Castro, A. M., & Bermúdez, S. E. (2013). Current status of *Amblyomma ovale* (Acari: Ixodidae) in Panama. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 4(1–2), 164–166. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2012.09.002>
140. Miller, R. J., Almazán, C., Ortiz-Estrada, M., Davey, R. B., George, J. E., y De León, A. P. (2013). First report of fipronil resistance in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* of Mexico. *Veterinary Parasitology*, 191(1–2), 97–101. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.08.011>
141. Miller, R. S., Sweeney, S. J., Sloomaker, C., Grear, D. A., Di Salvo, P. A., Kiser, D., y Shwiff, S. A. (2017). Cross-species transmission potential between wild pigs, livestock, poultry, wildlife, and humans: implications for disease risk management in North America. *Scientific Reports*, 7(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07336-z>
142. Nadolny, R. M., y Gaff, H. D. (2018). Natural history of *Amblyomma maculatum* in Virginia. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 9(2), 188–195. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2017.09.003>
143. Nava, S., y Guglielmone, A. A. (2013). A meta-analysis of host specificity in Neotropical hard ticks (Acari: Ixodidae). *Bulletin of Entomological Research*, 103(2), 216–224. <https://doi.org/10.1017/S0007485312000557>
144. Nava, S., Beati, L., Labruna, M. B., Cáceres, A. G., Mangold, A. J., y Guglielmone, A. A. (2014). Reassessment of the taxonomic status of

- Amblyomma cajennense* (Fabricius, 1787) with the description of three new species, *Amblyomma tonelliae* n. sp., *Amblyomma interandinum* n. sp. and *Amblyomma patinoi* n. sp., and reinstatement of *Amblyomma mixtum* Koch, 1. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 5(3), 252–276. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2013.11.004>
145. Nava, S., Venzal, J. M., González-Acuña, D., Martins, T. F., & Guglielmone, A. A. (2017). Tick Classification, External Tick Anatomy with a Glossary, and Biological Cycles. *Ticks of the Southern Cone of America*, 1–23. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811075-1.00001-7>
146. Nava, S., Mangold, A. J., y Guglielmone, A. A. (2006). The natural hosts for larvae and nymphs of *Amblyomma neumanni* and *Amblyomma parvum* (Acari: Ixodidae). *Experimental and Applied Acarology*, 40(2), 123–131. <https://doi.org/10.1007/s10493-006-9026-1>
147. Niesobecki, S., Hansen, A., Rutz, H., Mehta, S., Feldman, K., Meek, J., Niccolai, L., Hook, S., y Hinckley, A. (2019). Ticks and Tick-borne Diseases Knowledge , attitudes , and behaviors regarding tick-borne disease prevention in endemic areas. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 10(6), 101264. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.07.008>
148. Noda, A. A., Rodríguez, I., Miranda, J., Contreras, V., y Mattar, S. (2016). First molecular evidence of *Coxiella burnetii* infecting ticks in Cuba. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 7(1), 68–70. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2015.08.008>
149. Novakova, M., Literak, I., Chevez, L., Martins, T. F., Ogrzewalska, M., y Labruna, M. B. (2015). Rickettsial infections in ticks from reptiles,

- birds and humans in Honduras. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 6(6), 737–742. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2015.06.009>
150. Nugent, G., Whitford, J., y Young, N. (2002). Use of released pigs as sentinels for *Mycobacterium bovis*. *Journal of Wildlife Diseases*, 38(4), 665–677. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-38.4.665>
151. Nunn Charles L., Altizer Sonia, Jones E. Kate, S. W. (2003). Comparative Tests of Parasite Species Richness in Primates. *The American Naturalist*, 162(5), 318–321. <https://doi.org/10.1126/science.26.678.918>
152. Nylin, S., Agosta, S., Bensch, S., Boeger, W. A., Braga, M. P., Brooks, D. R., Forister, M. L., Hambäck, P. A., Hoberg, E. P., Nyman, T., Schäpers, A., Stigall, A. L., Wheat, C. W., Österling, M., y Janz, N. (2018). Embracing Colonizations: A New Paradigm for Species Association Dynamics. *Trends in Ecology and Evolution*, 33(1), 4–14. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.10.005>
153. OIE. (2015). Flebre Q. In *Oie* (pp. 1–6). <http://www.oie.int/doc/ged/D13999.PDF>
154. Ojeda-Chi, M. M., Rodriguez-Vivas, R. I., Esteve-Gasent, M. D., Pérez de León, A. A., Modarelli, J. J., y Villegas-Perez, S. L. (2019). Ehrlichia canis in dogs of Mexico: Prevalence, incidence, co-infection and factors associated. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 67(January), 101351. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2019.101351>
155. P. Vázquez, D., J. Melián, C., M. Williams, N., Blüthgen, N., R. Krasnov, B., y Poulin, R. (2007). Species abundance and asymmetric

- interaction strength in ecological networks. *Oikos*, 116(7), 1120–1127.
<https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15828.x>
156. Pacheco-Solano, K., Barrantes-González, A., Dolz, G., Troyo, A., Jiménez-Rocha, A. E., Romero-Zuñiga, J. J., y Taylor, L. (2019). Exposure of dogs to *Rickettsia* spp. in Costa Rica: Risk factors for PCR-positive ectoparasites and seropositivity. *Parasite Epidemiology and Control*, 7, e00118. <https://doi.org/10.1016/j.parepi.2019.e00118>
157. Paddock, C. D., Denison, A. M., Dryden, M. W., Noden, B. H., Lash, R. R., Abdelghani, S. S., Evans, A. E., Kelly, A. R., Hecht, J. A., Karpathy, S. E., Ganta, R. R., y Little, S. E. (2015). High prevalence of “*Candidatus Rickettsia andeanae*” and apparent exclusion of *rickettsia parkeri* in adult *Amblyomma maculatum* (Acari: Ixodidae) from Kansas and Oklahoma. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 6(3), 297–302. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2015.02.001>
158. Paddock, C. D., y Goddard, J. (2015). The evolving medical and veterinary importance of the gulf coast tick (Acari: Ixodidae). *Journal of Medical Entomology*, 52(2), 230–252. <https://doi.org/10.1093/jme/tju022>
159. Panti-May, J. A., y Rodríguez-Vivas, R. I. (2020). Canine babesiosis: A literature review of prevalence, distribution, and diagnosis in Latin America and the Caribbean. In *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports* (Vol. 21, Issue May, p. 100417). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100417>
160. Paredes-león, R., García-prieto, L., Guzmán-cornejo, C., León-règagnon, V., y Pérez, T. M. (2008). Metazoan parasites of Mexican

- amphibians and reptiles. *Zootaxa*, 1904, 1–166.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.1904.1.1>.
161. Parola, P., Paddock, C. D., Socolovski, C., Labruna, M. B., Mediannikov, O., Kernif, T., Abdad, M. Y., Stenos, J., Bitam, I., Fournier, P. E., y Raoult, D. (2013). Update on tick-borne rickettsioses around the world: A geographic approach. *Clinical Microbiology Reviews*, 26(4), 657–702. <https://doi.org/10.1128/CMR.00032-13>
162. Pedroso-santos, F., Santos, S., Sanches, P. R., Costa-campos, C. E., Luz, H. R., Luiz, J., y Faccini, H. (2020). First record of *Amblyomma dissimile* (Acari: Ixodidae) infesting the Granular Toad *Rhinella major* (Anura : Bufonidae) in the Eastern Amazon region. *Herpetology Notes*, 13(May), 385–387.
163. Perez, M., Bodor, M., Zhang, C., Xiong, Q., y RIKIHISA, Y. (2006). Human Infection with *Ehrlichia Canis* Accompanied by Clinical Signs in Venezuela. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1078(1), 110–117. <https://doi.org/10.1196/annals.1374.016>
164. Pérez-Macchi, S., Pedrozo, R., Bittencourt, P., y Müller, A. (2019). Prevalence, molecular characterization and risk factor analysis of *Ehrlichia canis* and *Anaplasma platys* in domestic dogs from Paraguay. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 62(May 2018), 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2018.11.015>
165. Pérez-Rivera, C. M., López, M. S., Arnaud Franco, G., y Carreón Nápoles, R. (2017). Detection of antibodies against pathogens in feral and domestic pigs (*Sus scrofa*) at the sierra la laguna biosphere reserve,

- Mexico. *Veterinaria Mexico*, 4(1), 19–29.
<https://doi.org/10.21753/vmoa.4.1.378>
166. Pesapane, R., Foley, J., Thomas, R., y Castro, L. R. (2019). Molecular detection and characterization of *Anaplasma platys* and *Ehrlichia canis* in dogs from northern Colombia. *Veterinary Microbiology*, 233(May), 184–189. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2019.05.002>
167. Pesquera, C., Portillo, A., Palomar, A. M., y Oteo, J. A. (2015). Investigation of tick-borne bacteria (*Rickettsia* spp., *Anaplasma* spp., *Ehrlichia* spp. and *Borrelia* spp.) in ticks collected from Andean tapirs, cattle and vegetation from a protected area in Ecuador. *Parasites and Vectors*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0662-3>
168. Porcentaje, número de personas y carencias promedio por indicador de pobreza, Campeche, 2010-2016 (2016). Recuperado de https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Campeche/PublishingImages/Campeche_Cuadro1.JPG
169. Poulin, R., y Mouillot, D. (2005). COMBINING PHYLOGENETIC AND ECOLOGICAL INFORMATION INTO A NEW INDEX OF HOST SPECIFICITY. *Journal of Parasitology*, 91(3), 511–514. <https://doi.org/10.1645/ge-398r>
170. Poulin, R., y Keeney, D. B. (2008). Host specificity under molecular and experimental scrutiny. *Trends in Parasitology*, 24(1), 24–28. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2007.10.002>
171. Poulin, R., Krasnov, B. R., y Mouillot, D. (2011). Host specificity in phylogenetic and geographic space. *Trends in Parasitology*, 27(8), 355–361. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2011.05.003>

172. Pozio, E. (2000). Factors affecting the flow among domestic, synanthropic and sylvatic cycles of *Trichinella*. *Veterinary Parasitology*, 93(3–4), 241–262. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(00\)00344-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(00)00344-7)
173. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
174. Rabinowitz, P. M., Gordon, Z., Holmes, R., Taylor, B., Wilcox, M., Chudnov, D., Nadkarni, P., y Dein, F. J. (2005). Animals as sentinels of human environmental health hazards: An evidence-based analysis. *EcoHealth*, 2(1), 26–37. <https://doi.org/10.1007/s10393-004-0151-1>
175. Randolph, S. E. (2010). To what extent has climate change contributed to the recent epidemiology of tick-borne diseases? *Veterinary Parasitology*, 167(2–4), 92–94. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.09.011>
176. Rar, V., y Golovljova, I. (2011). *Anaplasma*, *Ehrlichia*, and “*Candidatus Neoehrlichia*” bacteria: Pathogenicity, biodiversity, and molecular genetic characteristics, a review. *Infection, Genetics and Evolution*, 11(8), 1842–1861. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2011.09.019>
177. Reyes-Novelo, E., Ruíz-Piña, H., Escobedo-Ortegón, J., Rodríguez-Vivas, I., Bolio-González, M., Polanco-Rodríguez, Á., & Manrique-Saide, P. (2011). Situación Actual Y Perspectivas Para El Estudio De Las Enfermedades Zoonóticas Emergentes, Reemergentes Y

Olvidadas En La Península De Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 35–54.

178. Rhodes, D. V. L., Earnhart, C. G., Mather, T. N., Meeus, P. F. M., y Marconi, R. T. (2013). Identification of *Borrelia burgdorferi* ospC genotypes in canine tissue following tick infestation: Implications for Lyme disease vaccine and diagnostic assay design. *Veterinary Journal*, 198(2), 412–418. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.07.019>
179. Ripoll, C. M., Remondegui, C. E., Ordonez, G., Arazamendi, R., Fusaro, H., Hyman, M. J., Paddock, C. D., Zaki, S. R., Olson, J. G., y Santos-Buch, C. A. (1999). Evidence of rickettsial spotted fever and ehrlichial infections in a subtropical territory of Jujuy, Argentina. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 61(2), 350–354. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1999.61.350>
180. Rivas, J. J., Moreira-Soto, A., Alvarado, G., Taylor, L., Calderón-Arguedas, O., Hun, L., Corrales-Aguilar, E., Morales, J. A., y Troyo, A. (2015). Pathogenic potential of a Costa Rican strain of “*Candidatus Rickettsia amblyommii*” in guinea pigs (*Cavia porcellus*) and protective immunity against *Rickettsia rickettsii*. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 6(6), 805–811. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2015.07.008>
181. Rivera-Páez, F. A., Martins, T. F., Ossa-López, P. A., Sampieri, B. R., y Camargo-Mathias, M. I. (2018). Detection of *Rickettsia* spp. in ticks (Acari: Ixodidae) of domestic animals in Colombia. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 9(4), 819–823. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.03.006>
182. Robinson, K. M., Hauzy, C., Loeuille, N., y Albrechtsen, B. R. (2015). Relative impacts of environmental variation and evolutionary history on the

- nestedness and modularity of tree-herbivore networks. *Ecology and Evolution*, 5(14), 2898–2915. <https://doi.org/10.1002/ece3.1559>
183. Rodríguez-Vivas, R. I., Miller, R. J., Ojeda-Chi, M. M., Rosado-Aguilar, J. A., Trinidad-Martínez, I. C., y Pérez de León, A. A. (2014). Acaricide and ivermectin resistance in a field population of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) collected from red deer (*Cervus elaphus*) in the Mexican tropics. *Veterinary Parasitology*, 200(1–2), 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.11.025>
184. Rodríguez-Vivas, R. I., y Dominguez-Alpizar, J. L. (1998). Grupos entomológicos de importancia veterinaria en Yucatán, México. *Revista Biomedica*, 9(1), 26. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=3747692&lang=es&site=ehost-live>
185. Rojero-Vázquez, E., Gordillo-Pérez, G., y Weber, M. (2017). Infection of *Anaplasma phagocytophilum* and *Ehrlichia spp.* in opossums and dogs in Campeche, Mexico: The role of tick infestation. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 5(DEC), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00161>
186. Romero, Y., Borrás, P., Govedic, F., Nava, S., Carranza, J. I., Santini, S., Armitano, R., y Lloveras, S. (2020). Clinical and epidemiological comparison of *Rickettsia parkeri* rickettsiosis, related to *Amblyomma triste* and *Amblyomma tigrinum*, in Argentina. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 11(4), 101436. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2020.101436>

187. Romero-Castañón, S., Ferguson, B. G., Güiris, D., González, D., López, S., Paredes, A., & Weber, M. (2008). Comparative Parasitology of Wild and Domestic Ungulates in the Selva Lacandona, Chiapas, Mexico. *Comparative Parasitology*, 75(1), 115–126. <https://doi.org/10.1654/4267.1>
188. Rosa, C. A. Da, Wallau, M. O., & Pedrosa, F. (2018). Hunting as the main technique used to control wild pigs in Brazil. *Wildlife Society Bulletin*, 42(1), 111–118. <https://doi.org/10.1002/wsb.851>
189. Ruybal, P., Moretta, R., Perez, A., Petrigh, R., Zimmer, P., Alcaraz, E., Echaide, I., Torioni de Echaide, S., Kocan, K. M., de la Fuente, J., & Farber, M. (2009). Genetic diversity of *Anaplasma marginale* in Argentina. *Veterinary Parasitology*, 162(1–2), 176–180. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.02.006>
190. Salcedo-porras, N., y Lowenberger, C. (2019). The innate immune system of kissing bugs, vectors of chagas disease. *Developmental and Comparative Immunology*, 98(January), 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2019.04.007>
191. Sánchez-Montes, S., Isaak-Delgado, A. B., Guzmán-Cornejo, C., Rendón-Franco, E., Muñoz-García, C. I., Bermúdez, S., Morales-Díaz, J., Cruz-Romero, A., Romero-Salas, D., Dzul-Rosado, K., Lugo-Caballero, C., Colunga-Salas, P., y Becker, I. (2019). *Rickettsia* species in ticks that parasitize amphibians and reptiles: Novel report from Mexico and review of the worldwide record. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 10(5), 987–994. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.04.013>
192. Sánchez-Montes, S., Ríos-Muñoz, C. A., Espinosa-Martínez, D. V., Guzmán-Cornejo, C., Berzunza-Cruz, M., y Becker, I. (2016). First report

- of “*Candidatus Rickettsia amblyommii*” in west coast of Mexico. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 7(6), 1139–1145.
<https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2016.08.007>
193. Sánchez-Montes, S., Ríos-Muñoz, C. A., Espinosa-Martínez, D. V., Guzmán-Cornejo, C., Berzunza-Cruz, M., y Becker, I. (2016). First report of “*Candidatus Rickettsia amblyommii*” in west coast of Mexico. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 7(6), 1139–1145.
<https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2016.08.007>
194. Sanders, D. M., Parker, J. E., Walker, W. W., Buchholz, M. W., Blount, K., y Kiel, J. L. (2008). Field collection and genetic classification of tick-borne rickettsiae and rickettsiae-like pathogens from south Texas: *Coxiella burnetii* isolated from field-collected *Amblyomma cajennense*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1149, 208–211.
<https://doi.org/10.1196/annals.1428.022>
195. Santodomingo, A., Sierra-Orozco, K., Cotes-Perdomo, A., y Castro, L. R. (2019). Molecular detection of *Rickettsia* spp., *Anaplasma platys* and *Theileria equi* in ticks collected from horses in Tayrona National Park, Colombia. *Experimental and Applied Acarology*, 77(3), 411–423.
<https://doi.org/10.1007/s10493-019-00354-8>
196. Santos, H. A., Thomé, S. M. G., Baldani, C. D., Silva, C. B., Peixoto, M. P., Pires, M. S., Vitari, G. L. V., Costa, R. L., Santos, T. M., Angelo, I. C., Santos, L. A., Faccini, J. L. H., y Massard, C. L. (2013). Molecular epidemiology of the emerging zoonosis agent *Anaplasma phagocytophilum* (Foggie, 1949) in dogs and ixodid ticks in Brazil.

Parasites and Vectors, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-348>

197. Saraiva, D. G., Nieri-Bastos, F. A., Horta, M. C., Soares, H. S., Nicola, P. A., Pereira, L. C. M., y Labruna, M. B. (2013). *Rickettsia amblyommii* infecting *amblyomma auricularium* ticks in pernambuco, Northeastern Brazil: Isolation, transovarial transmission, and transstadial perpetuation. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 13(9), 615–618. <https://doi.org/10.1089/vbz.2012.1223>
198. Sazatornil, F. D., Moré, M., Benitez-Vieyra, S., Cocucci, A. A., Kitching, I. J., Schlumpberger, B. O., Oliveira, P. E., Sazima, M., y Amorim, F. W. (2016). Beyond neutral and forbidden links: morphological matches and the assembly of mutualistic hawkmoth–plant networks. *Journal of Animal Ecology*, 85(6), 1586–1594. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12509>
199. Schmidt, P. L. (2009). Companion Animals as Sentinels for Public Health. *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice*, 39(2), 241–250. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2008.10.010>
200. Scoles, G. A., y Ueti, M. W. (2015). Vector Ecology of Equine Piroplasmiasis. *Annual Review of Entomology*, 60(1), 561–580. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-021110>
201. Scoles, G. A., y Ueti, M. W. (2013). *Amblyomma cajennense* is an intrastadial biological vector of *Theileria equi*. *Parasites and Vectors*, 6(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-306>
202. Sebastian, P. S., Tarragona, E. L., Bottero, M. N. S., Mangold, A. J., Mackenstedt, U., y Nava, S. (2017). Bacteria of the genera *Ehrlichia*

- and *Rickettsia* in ticks of the family Ixodidae with medical importance in Argentina. *Experimental and Applied Acarology*, 71(1), 87–96.
<https://doi.org/10.1007/s10493-016-0096-4>
203. Shimoda, H., Ohno, Y., Mochizuki, M., Iwata, H., Okuda, M., y Maeda, K. (2010). Dogs as sentinels for human infection with japanese encephalitis Virus. *Emerging Infectious Diseases*, 16(7), 1136–1139.
<https://doi.org/10.3201/eid1607.091757>
204. Soares, H. S., Barbieri, A. R. M., Martins, T. F., Minervino, A. H. H., de Lima, J. T. R., Marcili, A., Gennari, S. M., y Labruna, M. B. (2015). Ticks and rickettsial infection in the wildlife of two regions of the Brazilian Amazon. *Experimental and Applied Acarology*, 65(1), 125–140.
<https://doi.org/10.1007/s10493-014-9851-6>
205. Sormunen, J. J., Klemola, T., Hänninen, J., Mäkelä, S., Vuorinen, I., Penttinen, R., Sääksjärvi, I. E., y Vesterinen, E. J. (2018). The importance of study duration and spatial scale in pathogen detection—evidence from a tick-infested island. *Emerging Microbes and Infections*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41426-018-0188-9>
206. Sosa-Gutiérrez, C. G., Vargas, M., Torres, J., y Gordillo-Pérez, G. (2014). Tick-Borne Rickettsial Pathogens in Rodents from Mexico. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 07(11), 884–889.
<https://doi.org/10.4236/jbise.2014.711087>
207. Souza, C. S., Maruyama, P. K., Aoki, C., Sigrist, M. R., Raizer, J., Gross, C. L., y de Araujo, A. C. (2018). Temporal variation in plant–pollinator networks from seasonal tropical environments: Higher

- specialization when resources are scarce. *Journal of Ecology*, 106(6), 2409–2420. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12978>
208. Springer, A., Montenegro, V. M., Schicht, S., Wölfel, S., Schaper, S. R., Chitimia-Dobler, L., Siebert, S., y Strube, C. (2018). Detection of *Rickettsia monacensis* and *Rickettsia amblyommatis* in ticks collected from dogs in Costa Rica and Nicaragua. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 9(6), 1565–1572. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.08.002>
209. Springer, A., Montenegro, V. M., Schicht, S., Wölfel, S., Schaper, S. R., Chitimia-Dobler, L., Siebert, S., y Strube, C. (2018). Detection of *Rickettsia monacensis* and *Rickettsia amblyommatis* in ticks collected from dogs in Costa Rica and Nicaragua. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 9(6), 1565–1572. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.08.002>
210. Ojeda-Chi, M. M., Rodriguez-Vivas, R. I., Esteve-Gasent, M. D., Pérez de León, A. A., Modarelli, J. J., & Villegas-Perez, S. L. (2019). Ehrlichia canis in dogs of Mexico: Prevalence, incidence, co-infection and factors associated. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 67(January), 101351. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2019.101351>
211. Trapp, S. M., Messick, J. B., Vidotto, O., Jojima, F. S., y de Moraes, H. S. A. (2006). Babesia gibsoni genotype Asia in dogs from Brazil. *Veterinary Parasitology*, 141(1–2), 177–180. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.04.036>
212. Troyo, A., Moreira-Soto, R. D., Calderon-Arguedas, Ó., Mata-Somarribas, C., Ortiz-Tello, J., Barbieri, A. R. M., Avendaño, A., Vargas-Castro, L. E., Labruna, M. B., Hun, L., y Taylor, L. (2016). Detection of

- rickettsiae in fleas and ticks from areas of Costa Rica with history of spotted fever group rickettsioses. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 7(6), 1128–1134. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2016.08.009>
213. Ubicación Geográfica de Campeche. (2003). Recuperado de <http://www.ieec.org.mx/Documentacion/memorias/2003/ubicam.htm>
214. Rull, V. (2019). Chapter 4 - Origin and evolution of the Pantepui biota. In V. Rull, T. Vegas-Vilarrúbia, O. Huber, & C. Señaris (Eds.), *Biodiversity of Pantepui* (pp. 69–91). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815591-2.00004-5>
215. Villalobos-Zapata, G. J., y J. Mendoza Vega (Coord.), 2010. *La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 p
216. Villeneuve, A., Goring, J., Marcotte, L., y Overvelde, S. (2011). Seroprevalence of *Borrelia burgdorferi*, *Anaplasma phagocytophilum*, *Ehrlichia canis*, and *Dirofilaria immitis* among dogs in Canada. *Canadian Veterinary Journal*, 52(5), 527–530.
217. Vizentin-Bugoni, J., Maruyama, P. K., Debastiani, V. J., Duarte, L. da S., Dalsgaard, B., y Sazima, M. (2016). Influences of sampling effort on detected patterns and structuring processes of a Neotropical plant-hummingbird network. *Journal of Animal Ecology*, 85(1), 262–272. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12459>
218. Waithman, J. D., Sweitzer, R. A., Van Vuren, D., Drew, J. D., Brinkhaus, A. J., Gardner, I. A., y Boyce, W. M. (1999). Range Expansion,

- Population Sizes, and Management of Wild Pigs in California. *The Journal of Wildlife Management*, 63(1), 298–308. <https://doi.org/10.2307/3802513>
219. Waithman, J. D., Sweitzer, R. A., Vuren, D. Van, Drew, J. D., Amy, J., Gardner, I. A., Boyce, W. M., The, S., Management, W., Jan, N., y Gardner, I. A. N. A. (2016). *All use subject to JSTOR Terms and Conditions OF RANGE EXPANSION , POPULATION SIZES , AND MANAGEMENT WILD PIGS IN CALIFORNIA*. 63(1), 298–308.
220. Waters Jaime. (2015). Snowball sampling a cautionary tale involving a study of older drug users. *International Journal of Social Research Methodology*, 18(4), 367–380. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/13645579.2014.953316>
221. Wei, L., Kelly, P., Ackerson, K., Zhang, J., El-Mahallawy, H. S., Kaltenboeck, B., y Wang, C. (2014). First report of *Babesia gibsoni* in Central America and survey for vector-borne infections in dogs from Nicaragua. *Parasites and Vectors*, 7(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-126>
222. Wells, K., y Clark, N. J. (2019). Host Specificity in Variable Environments. *Trends in Parasitology*, 35(6), 452–465. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2019.04.001>
223. Wells, K., O'Hara, R. B., Morand, S., Lessard, J. P., y Ribas, A. (2015). The importance of parasite geography and spillover effects for global patterns of host-parasite associations in two invasive species. *Diversity and Distributions*, 21(4), 477–486. <https://doi.org/10.1111/ddi.12297>

224. Wells, K., O'Hara, R. B., Pfeiffer, M., Lakim, M. B., Petney, T. N., y Durden, L. A. (2013). Inferring host specificity and network formation through agent-based models: Tick-mammal interactions in Borneo. *Oecologia*, 172(2), 307–316. <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2511-9>
225. Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. <https://ggplot2.tidyverse.org>
226. Wikswo, M. E., Hu, R., Metzger, M. E., y Ereemeeva, M. E. (2007). Detection of *Rickettsia rickettsii* and *Bartonella henselae* in *Rhipicephalus sanguineus* Ticks from California . *Journal of Medical Entomology*, 44(1), 158–162. <https://doi.org/10.1093/jmedent/41.5.158>
227. Williamson, P. C., Billingsley, P. M., Teltow, G. J., Seals, J. P., Turnbough, M. A., y Atkinson, S. F. (2010). *Borrelia*, *Ehrlichia*, and *Rickettsia* spp. in ticks removed from Persons, Texas, USA. *Emerging Infectious Diseases*, 16(3), 441–446. <https://doi.org/10.3201/eid1603.091333>
228. World Health Organization, (s.f.). Zoonoses. <https://www.who.int/zoonoses/en/>
229. World Health Organization. (2 de mayo 2020). Vector-borne diseases. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>.
230. Yparraguirre, L. A., Machado-Ferreira, E., Ullmann, A. J., Piesman, J., Zeidner, N. S., y Soares, C. A. G. (2007). A hard tick relapsing fever group spirochete in a Brazilian *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 7(4), 717–721. <https://doi.org/10.1089/vbz.2007.0144>

231. Zohdy, S., Schwartz, T. S., y Oaks, J. R. (2019). The Coevolution Effect as a Driver of Spillover. *Trends in Parasitology*, 35(6), 399–408.
<https://doi.org/10.1016/j.pt.2019.03.010>

Anexos

Anexo 1. Especies de garrapatas reportadas en Campeche, México			
Genero	Especie	Sitio de captura	Referencia
<i>Ixodes</i>			
	<i>I. scapularis</i>	<i>Odocoileus virginianus</i>	(Guzmán-Cornejo y Robbins, 2010)
<i>Amblyomma</i>			
	<i>A. mixtum</i>	Vaca Caballo Humano	(Guzmán-Cornejo <i>et al.</i> , 2011)
	<i>A. dissimile</i>	Serpiente (no identificada)	(Paredes-león <i>et al.</i> , 2008)
	<i>A. imitator</i>	ND	(Guzmán-Cornejo <i>et al.</i> , 2011)
	<i>A. maculatum</i>	ND	(Guzmán-Cornejo <i>et al.</i> , 2011)
	<i>A. parvum</i>	ND	(Guzmán-Cornejo <i>et al.</i> , 2011)
	<i>A. ovale</i>	ND	(Guglielmone <i>et al.</i> , 2003)
	<i>A. sabanerae</i>	<i>Rhinoclemmys areolata</i>	(Guzmán-Cornejo <i>et al.</i> , 2011)
	<i>A. tuberculatum</i>	ND	(Guzmán-Cornejo <i>et al.</i> , 2011)

Anexo 1. Especies de garrapatas reportadas en Campeche, México

Genero	Especie	Sitio de captura	Referencia
<i>Dermacentor</i>			
	<i>D. nitens</i>	Caballo Vaca Perro	(Guzmán- Cornejo <i>et al.</i> , 2016)
	<i>D. albipictus</i>	Caballo Venado Vaca	(Guzmán- Cornejo <i>et al.</i> , 2016)
<i>Rhipicephalus</i>			
	<i>Rh. microplus</i>	ND	(Bendele <i>et al.</i> , 2015)
	<i>Rh. sanguineus</i>	Perro	(Rojero- Vázquez <i>et al.</i> , 2017)
<i>Ornithodoros</i>			
	<i>O. talaje</i>	Roedores	(Barbieri <i>et al.</i> , 2019) (Guzmán- Cornejo <i>et al.</i> , 2019)
<i>Antricola</i>			
	<i>A. marginatus</i>	Ambiente	(Guzmán- Cornejo <i>et al.</i> , 2019)
	<i>A. mexicanus</i>	Ambiente	(Guzmán- Cornejo <i>et al.</i> , 2019)
	<i>Nothoaspis reddelli</i>	Ambiente	(Guzmán- Cornejo <i>et al.</i> , 2019)

ND=No definido

Anexo 2. Agentes infecciosos reportados en América en las especies de garrapatas capturadas en este estudio.

Especie	Agentes infecciosos	Referencia	Sitio de captura
<i>Amblyomma mixtum</i>	<i>Coxiella burnetti</i>	(Noda <i>et al.</i> , 2016)	Caballo
	<i>Rickettsia amblyommatis</i>	(Pacheco-Solano <i>et al.</i> , 2019; Sánchez-Montes <i>et al.</i> , 2019)	Ambiente <i>Iguana Iguana</i>
	<i>Rickettsia rickettsii</i>	(Rivera-Páez <i>et al.</i> , 2018; Troyo <i>et al.</i> , 2016) (Bermúdez <i>et al.</i> , 2016)	Caballo, Humano, ambiente Toro
	<i>Rickettsia monacensis</i>	(Springer <i>et al.</i> , 2018)	Perro
	<i>Ehrlichia chaffeensis</i>	(Williamson <i>et al.</i> , 2010)	Caballo Humano
	<i>Anaplasma marginale</i>	(Rodríguez-Vivas y Domínguez-Alpizar, 1998)	Vaca
	<i>Anaplasma platys</i>	(Niesobecki <i>et al.</i> , 2019)	Caballo
	<i>Theileria equi</i>	(Scoles y Ueti, 2013)	Experimental
	<i>Borrelia burdorferi</i>	(Gordillo-Pérez <i>et al.</i> , 2009)	Mamíferos
	<i>Borrelia lonestari</i>	(Williamson <i>et al.</i> , 2010)	Humano

Anexo 2. Agentes infecciosos reportados en América en las especies de garrapatas capturadas en este estudio.

Especie	Agentes infecciosos	Referencia	Sitio de captura
<i>Amblyomma maculatum</i>	<i>Rickettsia parkeri</i>	(Allerdice <i>et al.</i> , 2019)	Ambiente
	<i>Rickettsia amblyommatis</i>	(Budachetri <i>et al.</i> , 2014)	Ambiente
	<i>Candidatus R. andeane</i>	(Allerdice <i>et al.</i> , 2019)	Ambiente
	<i>Ehrlichia chaffeensis</i>	(Williamson <i>et al.</i> , 2010)	Humano
<i>Amblyomma ovale</i>	<i>Rickettsia monacensis</i>	(Springer <i>et al.</i> , 2018)	Perro
	<i>Rickettsia rickettsi</i>	(Cohen <i>et al.</i> , 2015)	<i>Troglodytes aedon</i>
	<i>Rickettsia amblyommatys</i>	(Springer <i>et al.</i> , 2018)	Perro
	<i>Rickettsia parkeri</i>	(Faccini-Martínez <i>et al.</i> , 2020) (Krawczak y Labruna, 2018)	Perro <i>Euryoryzomys russatus</i>
	<i>Babesia caballi</i>	(de Sousa <i>et al.</i> , 2018)	<i>Cerdocyon thous</i>
	<i>Amblyomma parvum</i>	<i>Candidatus Rickettsia andeanae</i>	(Sebastian <i>et al.</i> , 2017)
<i>Ehrlichia chaffeensis</i>			
<i>Anaplasma platys</i>		(Niesobecki <i>et al.</i> , 2019)	Caballo
<i>Amblyomma auricularium</i>	<i>Rickettsia amblyommatis</i>	(Saraiva <i>et al.</i> , 2013)	<i>Conepatus semistriatus</i>
<i>Amblyomma dissimile</i>	<i>Rickettsia monacensis</i>	(Sánchez-Montes <i>et al.</i> , 2019)	
	<i>Theileria equi</i>	(Niesobecki <i>et al.</i> , 2019)	Ambiente) Caballo
	<i>Anaplasma platys</i>	(Niesobecki <i>et al.</i> , 2019)	Caballo

Anexo 2. Agentes infecciosos reportados en América en las especies de garrapatas capturadas en este estudio.

Especie	Agentes infecciosos	Referencia	Sitio de captura
<i>Amblyomma maculatum</i>	<i>Rickettsia parkeri</i>	(Allerdice <i>et al.</i> , 2019)	Ambiente
	<i>Rickettsia amblyommatis</i>	(Budachetri <i>et al.</i> , 2014)	Ambiente
	<i>Candidatus R. andeane</i>	(Allerdice <i>et al.</i> , 2019)	Ambiente
	<i>Ehrlichia chaffeensis</i>	(Williamson <i>et al.</i> , 2010)	Humano
<i>Amblyomma ovale</i>	<i>Rickettsia monacensis</i>	(Springer <i>et al.</i> , 2018)	Perro
	<i>Rickettsia rickettsi</i>	(Cohen <i>et al.</i> , 2015)	<i>Troglodytes aedon</i>
	<i>Rickettsia amblyommatys</i>	(Springer <i>et al.</i> , 2018)	Perro
	<i>Rickettsia parkeri</i>	(Faccini-Martínez <i>et al.</i> , 2020) (Krawczak y Labruna, 2018)	Perro <i>Euryoryzomys russatus</i>
	<i>Babesia caballi</i>	(de Sousa <i>et al.</i> , 2018)	<i>Cerdocyon thous</i>
<i>Amblyomma parvum</i>	<i>Candidatus Rickettsia andeanae</i>	(Sebastian <i>et al.</i> , 2017)	Cabra
	<i>Ehrlichia chaffeensis</i>	(Tomassone <i>et al.</i> , 2008)	Perro
	<i>Anaplasma platys</i>	(Niesobecki <i>et al.</i> , 2019)	Caballo
<i>Amblyomma auricularium</i>	<i>Rickettsia amblyommatis</i>	(Saraiva <i>et al.</i> , 2013)	<i>Conepatus semistriatus</i>
<i>Amblyomma dissimile</i>	<i>Rickettsia monacensis</i>	(Sánchez-Montes <i>et al.</i> , 2019)	
	<i>Theileria equi</i>	(Niesobecki <i>et al.</i> , 2019)	Ambiente) Caballo
	<i>Anaplasma platys</i>	(Niesobecki <i>et al.</i> , 2019)	Caballo

Anexo 2. Agentes infecciosos reportados en América en las especies de garrapatas capturadas en este estudio.

Especie	Agentes infecciosos	Referencia	Sitio de captura
<i>Rhipicephalus microplus</i>	<i>Ehrlichia chaffeensis</i>	(Guillemi <i>et al.</i> , 2015)	Ambiental
	<i>Rickettsia monacensis</i>	(Pesquera <i>et al.</i> , 2015)	Vaca
	<i>Anaplasma marginale</i>	(Ruybal <i>et al.</i> , 2009)	Vaca
	<i>Anaplasma platys</i>	(Niesobecki <i>et al.</i> , 2019)	Caballo
	<i>Babesia bovis</i>	(Heekin <i>et al.</i> , 2012)	Vaca
	<i>Babesia bigemina</i>	(Guerrero <i>et al.</i> , 2007)	Vaca
	<i>Theileria equi</i>	(Scoles y Ueti, 2015)	Caballo
	<i>Borrelia lonestari</i>	(Yparraguirre <i>et al.</i> , 2007)	Vaca
	<i>Borrelia theileri</i>	(Yparraguirre <i>et al.</i> , 2007)	Vaca
<i>Rhipicephalus annulatus</i>	<i>Anaplasma marginale</i>	(Esteves <i>et al.</i> , 2009)	Ganado
	<i>Anaplasma ovis</i>	(Kocan <i>et al.</i> , 2008)	Ganado
	<i>Babesia bigemina</i>	(Klafke <i>et al.</i> , 2020)	Ganado
	<i>Babesia bovis</i>	(Cantu <i>et al.</i> , 2007)	Venado cola blanco

Anexo 2. Agentes infecciosos reportados en América en las especies de garrapatas capturadas en este estudio.

Especie	Agentes infecciosos	Referencia	Sitio de captura
<i>Rhipicephalus sanguineus</i>	<i>Rickettsia amblyommatys</i>	(Springer <i>et al.</i> , 2018) (Williamson <i>et al.</i> , 2010)	Perro Humano
	<i>Rickettsia rickettsii</i>	(Wikswow <i>et al.</i> , 2007)	Ambiente
	<i>Ehrlichia canis</i>	(Springer <i>et al.</i> , 2018)	Perro
	<i>Anaplasma platys</i>	(Campos-Calderón <i>et al.</i> , 2016)	Perro
	<i>Anaplasma phagocytophilum</i>	(Campos-Calderón <i>et al.</i> , 2016)	Perro
	<i>Rickettsia massiliae</i>	(López-Pérez <i>et al.</i> , 2019)	Perro
	<i>Rickettsia parkeri</i>	(Williamson <i>et al.</i> , 2010)	Humano
	<i>Theileria equi</i>	(Scoles y Ueti, 2013)	Caballo
	<i>Borrelia burgdorferi</i>	(Galaviz-Silva <i>et al.</i> , 2013)	Perro
	<i>Babesia canis</i>	(Lira-Amaya <i>et al.</i> , 2017)	Perro
	<i>Babesia gibsoni</i>	(Trapp <i>et al.</i> , 2006)	Perro