

Evidencia molecular de *Rickettsia rickettsii* y *Rickettsia felis* en garrapatas colectadas en ganado bovino en la costa de Chiapas

Rogelio Danis-Lozano, D en C,⁽¹⁾ Susana Camacho-Ramírez, MVZ,⁽¹⁾ Gerardo Álvarez-Hernández, PhD,⁽²⁾ Marcia Leyva-Gastelum, M en C,⁽³⁾ Luis Alberto Cisneros-Vásquez, M en C,⁽¹⁾ Karla R Dzul-Rosado, PhD⁽⁴⁾ Idefonso Fernández-Salas, PhD,⁽⁵⁾ Teresa López-Ordoñez, D en C.⁽¹⁾

Danis-Lozano R, Camacho-Ramírez S, Álvarez-Hernández G, Leyva-Gastelum M, Cisneros-Vásquez LA, Dzul-Rosado KR, Fernández-Salas I, López-Ordoñez T. Evidencia molecular de *Rickettsia rickettsii* y *Rickettsia felis* en garrapatas colectadas en ganado bovino en la costa de Chiapas. *Salud Publica Mex.* 2023;65:160-166. <https://doi.org/10.21149/14229>

Danis-Lozano R, Camacho-Ramírez S, Álvarez-Hernández G, Leyva-Gastelum M, Cisneros-Vásquez LA, Dzul-Rosado KR, Fernández-Salas I, López-Ordoñez T. Molecular evidence of *Rickettsia rickettsii* and *Rickettsia felis* in ticks collected from cattle on the coast of Chiapas. *Salud Publica Mex.* 2023;65:160-166. <https://doi.org/10.21149/14229>

Resumen

Objetivo. Identificar la presencia de *Rickettsia rickettsii* y *Rickettsia felis* y estimar la tasa mínima de infección de garrapatas que infestan al ganado bovino en la costa del estado de Chiapas. **Material y métodos.** Se realizaron dos muestreos, octubre de 2021 y marzo de 2022, que incluyeron la extracción de garrapatas de ganado bovino perteneciente a cinco municipios. El diagnóstico de *R. rickettsii* y *R. felis* incluyó la amplificación del gen de la enzima citrato sintasa del género *Rickettsia*, secuenciación y comparación de secuencias en las bases de datos internacionales y estimación de la tasa mínima de infección. **Resultados.** *Rhipicephalus microplus* fue positiva a *Rickettsia felis*, mientras que las especies *Amblyomma cajennense* y *Rhipicephalus sanguineus* fueron positivas a *Rickettsia rickettsii*, y la mayor tasa mínima de infección fue de 72.7 por cada 1 000 garrapatas. **Conclusión.** Este es el primer estudio en México que reporta infección de *Rickettsia rickettsii* y *R. felis* en garrapatas colectadas de ganado bovino en la costa del estado de Chiapas, lo cual indica un riesgo de salud pública y necesita atención de las autoridades sanitarias.

Palabras clave: *Rickettsia*; garrapatas; Chiapas; ganado bovino

Abstract

Objective. To identify the presence of *Rickettsia rickettsii* and *R. felis* and estimate the frequency of infection in ticks infesting cattle on the coast of Chiapas state. **Materials and methods.** Two samplings were carried, in October 2021 and in March 2022, which included the extraction of ticks from cattle belonging to five municipalities. Diagnosis of *Rickettsia rickettsii* and *R. felis* in ticks was performed by amplification of citrate synthase gene of *Rickettsia* genus, fragment sequencing and sequence comparison with global databases and we calculated the minimum infection rate (MIR). **Results.** *Rhipicephalus microplus* was infected with *R. felis*; *Amblyomma cajennense*, and *Rhipicephalus sanguineus* were positive for *Rickettsia rickettsii* and the highest minimum infection rate was 72.7 per 1 000 ticks. **Conclusion.** This is the first study in Mexico that reports *Rickettsia rickettsii* and *R. felis* infection in ticks collected from cattle in the coast of Chiapas State, which indicates a public health risk to be considered in health programs.

Keywords: *Rickettsia*; ticks; Chiapas; cattle

(1) Centro Regional de Investigación en Salud Pública, Instituto Nacional de Salud Pública. Tapachula, Chiapas, México.

(2) Universidad de Sonora. Sonora, México.

(3) Laboratorio Estatal de Salud Pública de Sonora. Sonora, México.

(4) Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Yucatán. Yucatán, México.

(5) Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México.

Fecha de recibido: 18 de agosto de 2022 • **Fecha de aceptado:** 15 de diciembre de 2022 • **Publicado en línea:** 13 de febrero de 2023

Autor de correspondencia: Teresa López-Ordoñez. Centro Regional de Investigación en Salud Pública, Instituto Nacional de Salud Pública.

19 Calle Poniente esquina 4ª Av. Norte s/n col, Centro. 30700 Tapachula, Chiapas México

Correo electrónico: rdanis@insp.mx

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Las enfermedades humanas transmitidas por garrapatas pertenecen al grupo fiebres manchadas de las Montañas Rocosas (SFG por sus siglas en inglés) y son causadas por bacterias gramnegativas intracelulares obligadas del género *Rickettsia*. Los síntomas clínicos de la infección por SFG pueden variar desde leves hasta potencialmente mortales. Los pacientes con sospecha de infección por SFG normalmente presentan fiebre, náuseas, vómitos, erupción maculopapular y ocasionalmente escaras en el sitio de la inoculación.¹ Hasta la fecha, se han descrito más de 16 enfermedades específicas transmitidas por garrapatas en humanos y más de 19 enfermedades transmitidas por garrapatas en ganado y animales de compañía.²

Actualmente las rickettsiosis en México forman parte de las enfermedades sujetas a vigilancia y notificación por las autoridades de salud. A nivel nacional, en los últimos tres años se ha presentado un incremento de 69% de casos por año. De acuerdo con la Dirección General de Epidemiología, los cinco estados con mayor incidencia durante 2019 fueron Chihuahua con 39 casos, Veracruz con 35, Sonora con 24, Nuevo León con 21 e Hidalgo con 19.³

De acuerdo con el registro histórico, en el estado de Chiapas, durante el periodo de 2000 a 2020 se registraron casos e incidencia atribuibles a fiebre manchada por *Rickettsia rickettsii* (A77.0), tífus murino (A75.2) y otras rickettsiosis (A79.0),⁴ reportando durante el periodo mencionado un total de cinco defunciones, las cuales fueron dictaminadas como muertes por tífus no especificado (A75.9), fiebre maculosa no especificada (A77.9) y rickettsiosis no especificada (A79.9).⁴ Este contexto resulta relevante dada la evidencia sobre infecciones con bacterias del género *Rickettsia* en humanos, de las cuales *R. rickettsii* es la de mayor letalidad, misma que puede ser transmitida por la picadura de una amplia variedad de garrapatas a humanos (*Dermacentor spp.*, *Amblyomma spp.* y *Rhipicephalus sanguineus*).^{5,6}

Estudios realizados en 2013 en el estado de Chiapas demostraron la presencia de *R. typhi* en garrapatas de los géneros *Amblyomma mixtum* y *R. sanguineus*, capturadas de animales y humanos.⁷ Otro estudio publicado en 2021, mediante el uso de métodos serológicos, de aislamiento y moleculares, reportó la presencia de *Rickettsia rhipicephali* asociada con *R. sanguineus* y otra especie más de *Rickettsia sp.* en garrapatas *A. mixtum*, *Ixodes sp. cf. Ixodes affinis*, *Pediculus humanus humanus* y *R. sanguineus*.⁸

El mayor impacto de las enfermedades transmitidas por garrapatas se concentra en los animales domésticos, particularmente en el ganado vacuno, en el cual se reportan severas pérdidas económicas debido a la reducción en la productividad.^{9,10} Para el año 2013 se

estimó que las pérdidas económicas en la producción de leche y carne debido a la infestación por garrapatas fue de arriba de 500 millones de dólares.¹¹ Se contempla el riesgo zoonótico, especialmente en aquellas personas que realizan actividades relacionadas con el campo o la ganadería, o cuyas viviendas se encuentran cerca de propiedades agrícolas.¹²

El objetivo del presente estudio fue identificar la presencia de *Rickettsia rickettsii* y *Rickettsia felis* y estimar la tasa mínima de infección de las garrapatas que infestan al ganado bovino en la costa del estado de Chiapas.

Material y métodos

Se realizaron dos muestreos: el primero en octubre de 2021, en época de lluvias, e incluyó 150 ejemplares de ganado bovino, mientras que el segundo fue en marzo de 2022, en época de secas, e incluyó 147 ejemplares. El ganado se seleccionó aleatoriamente de 10 ranchos ganaderos elegidos por conveniencia de los cinco municipios (Ciudad Hidalgo, Tapachula, Mapastepec, Pijijiapan y Tonalá) (figura 1). El orden en cual se realizó la extracción de las garrapatas en cada especie de ganado bovino fue trazando una línea que pasa en dirección vertical por la sutura sagital del cráneo para fragmentar al cuerpo en el lado derecho y en el izquierdo; posteriormente, cada lado se delimitó en siete regiones anatómicas que comprendieron 1: cabeza, 2: cuello, 3: cuarto anterior, 4: largo barril, 5: cuarto posterior, 6: ubres/pene y 7: testículos.

Las garrapatas se colectaron manualmente mediante el uso de pinzas entomológicas y posteriormente llevadas al laboratorio para ser identificadas a nivel especie utilizando un estereoscopio (Zeiss Stemi DV4) y claves taxonómicas.^{13,14} Las garrapatas se separaron en función de la especie, etapa de vida y sexo; se conservaron en etanol al 70% y se mantuvieron a -20°C posterior a su identificación.

El diagnóstico de *Rickettsia spp* se realizó seleccionando por conveniencia 75 ejemplares de ganado bovinos (15 bovinos por municipio) de los cuales se extrajo un total de 213 garrapatas. Se formaron *pools* por especie de 1 a 5 garrapatas adultas o de 1 a 10 ninfas. Se realizó el lavado de los especímenes con PBS para eliminar el exceso de alcohol; posteriormente se homogeneizaron en un mortero de porcelana para obtener un volumen final de 200 µl, y se extrajo el ADN utilizando el reactivo DNAzol, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Las muestras de ADN de garrapatas se usaron como molde para la amplificación del gen citrato sintasa (gltA) del género *Rickettsia* mediante una PCR anidada reportada previamente.¹⁵ Los productos de amplificación fueron detectados por fluorescencia en gel de agarosa de 1.2% con bromuro de etidio. Como control

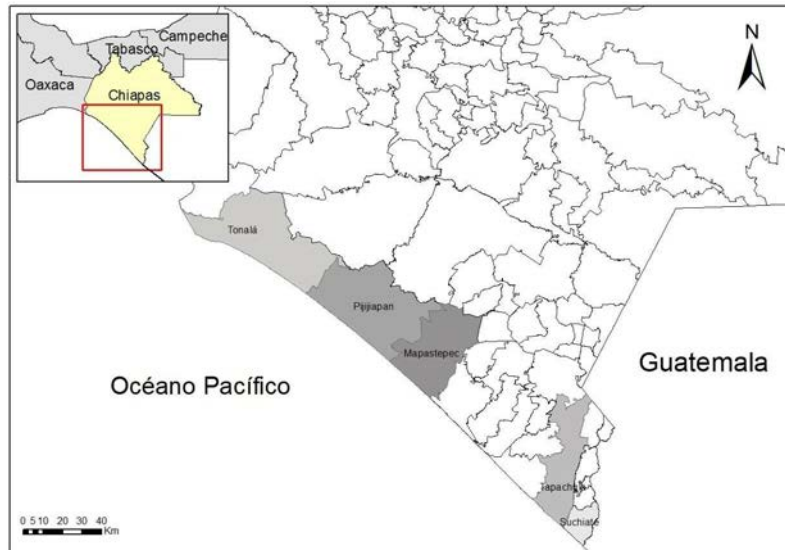


FIGURA 1. MAPA DE LA COSTA DE CHIAPAS Y DE LOS CINCO SITIOS DE COLECTA DE GARRAPATAS. MÉXICO, OCTUBRE 2021 Y MARZO 2022

positivo se utilizó una alícuota de ADN de *R. rickettsii* proporcionadas por el Dr. Gerardo Álvarez Hernández de la Universidad de Sonora.

Secuenciación y análisis de secuencias

Los productos de amplificación de una muestra positiva a *Rickettsia* se purificaron a partir de las bandas recortadas de los geles, usando el kit QIAquick Gel Extraction (Qiagen) y siguiendo las instrucciones proporcionadas por el fabricante. El ADN amplificado y purificado se cuantificó en el espectrofotómetro de gota NanoDrop 2000. Se enviaron alícuotas de al menos 100 ng de estos fragmentos a la Unidad de Síntesis y Secuenciación de ADN del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en Cuernavaca, Morelos, donde se secuenciaron por el método de Sanger en un secuenciador automático de 16 capilares (Applied Biosystems, modelo 3130xl). Los datos enviados por el servicio de secuenciación se compararon con la base de datos global GenBank utilizando el algoritmo BLAST¹⁶ que permite la comparación con todas las secuencias reportadas a la fecha para buscar la mayor identidad o similitud y asignar la especie a las muestras que resultaron positivas por PCR. Las secuencias se procesaron con el software Bankit para su registro en el GenBank disponible en la página del Centro Nacional de Información Biotecnológica de los Estados Unidos de América (NCBI).

La tasa mínima de infección (TMI)¹⁷ se calculó como muestras de garrapatas positivas a la bacteria por

especie ÷ número total de individuos de esa especie x 1 000. La TMI asume que sólo un individuo infectado está presente en un grupo positivo.

Este estudio fue aprobado por la Comisión de Ética en Investigación (CEI) del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) (proyecto: 1228).

Resultados

El muestreo de la época de lluvias en el año 2021 presentó el mayor número de garrapatas ($n=2\ 334$) con 54.51% del total de garrapatas colectadas, en comparación con la época de secas ($p < 0.049$). Se identificaron tres especies de garrapatas *Rhipicephalus microplus* con 91.73% (época de lluvias $n=2\ 090$, época de secas $n=1\ 837$), *Amblyomma cajennense* con 4.34% (época de lluvias $n=181$, época de secas $n=5$) y *Rhipicephalus sanguineus* con 3.9% (época de lluvias $n=63$, época de secas $n=105$), respectivamente. El 76.57% fueron hembras ($n=3\ 278$); 17.51% machos ($n=750$) y 5.9% ninfas ($n=253$). El mayor número de garrapatas se colectó en el municipio de Tapachula (27.75%, $n=1\ 188$), seguido de Mapastepec (26.23%, $n=1\ 123$), Pijijiapan (23.0%, $n=985$), Tonalá (15.37%, $n=658$) y Ciudad Hidalgo (7.63%, $n=327$), respectivamente.

La prevalencia de infestación en bovinos fue mayor en la época de lluvias con 86.86% ($n=265/297$), en comparación con la época de secas. La especie *R. microplus* presentó rangos de 66.67 a 100% en los cinco municipios; le siguió *A. cajennense* con rangos de 20 al 47.62% en los municipios de Tonalá, Mapastepec, Piji-

jiapan y Tapachula. La especie *R. sanguineus* se registró en el municipio de Tonalá y Ciudad Hidalgo con el 55 y 9.52%, respectivamente (cuadro I). Al analizar la prevalencia de infestación por regiones anatómicas a través del análisis de varianza (ANOVA), se encontraron diferencias significativas por región ($p = 0.004$) en las regiones 5 (237/265; 89.4%) y 6 (239/265; 90.18%), en comparación con las 1, 2, 3 y 4, respectivamente

Se formaron un total de 50 *pools* para el diagnóstico de infección por *Rickettsia spp.*, de los cuales 11 resultaron positivos. Siete *pools* de *R. microplus* presentaron infección a *Rickettsia felis* en los municipios de Pijijiapan (n=3), Tapachula (n=2) Tonalá (n=1) y Ciudad Hidalgo (n=1). Dos *pools* de *R. sanguineus* presentaron infección a *R. rickettsii* en los municipios de Tonalá y Tapachula. Dos *pools* de *A. cajennense* presentaron infección a *R. rickettsii* en Pijijiapan y Tapachula. La tasa mínima de infección por especie fue, para *R. microplus*, de 47.61 por 1 000 garrapatas, *R. sanguineus* de 117.64 por 1 000 garrapatas y *A. cajennense* de 125 por 1 000 garrapatas. El municipio de Tapachula presentó la tasa mínima de infección más alta con 72.7 por 1 000 garrapatas, seguido por Tonalá con 64.5 por 1 000 garrapatas, Ciudad Hidalgo con 25.6

por 1 000 garrapatas y Pijijiapan con el 18.8 por 1 000 garrapatas, respectivamente (cuadro II).

El análisis visual y el de calidad de los cromatogramas permitieron la comparación de al menos 200 pb con la base de datos global GenBank. Derivado de este análisis se obtuvieron homologías y se registraron las secuencias en GenBank con números de acceso (cuadro III).

Discusión

Los Centros para Control y Prevención de Enfermedades (CDC por sus siglas en inglés) consideran que las enfermedades rickettsiales representan un problema de salud pública a nivel mundial por el potencial zoonótico.¹⁸ Estas enfermedades han sido asociadas con la pobreza, el hacinamiento, las deficientes condiciones higiénicas y las modificaciones del paisaje ecológico, las cuales tienen un impacto directo en la pérdida de hábitat y biodiversidad. En el ciclo biológico de las garrapatas, los animales son hospedadores naturales y el humano es un hospedador accidental. Existen evidencias de que la infección por *Rickettsia* en población humana es sostenida por largos periodos en mamíferos pequeños (marsupiales y roedores) que los hacen potenciales diseminadores de la infección.¹⁹ En nuestro país, estados de la región norte, centro y sur, con ayuda de herramientas moleculares, han detectado e identificado la circulación de *R. rhipicephali*, *R. parkeri*, *Candidatus R. andeanae*, *R. massiliae*, y *R. rickettsii* en garrapatas de los géneros *Rhipicephalus*, *Ixodes* y *Amblyomma* colectadas en perros de zonas rurales y urbanas²⁰⁻²⁷ y *R. typhi* colectadas en marsupiales y roedores.¹⁹ El presente estudio es el primer reporte en México que describe la infección con *R. rickettsii* y *R. felis* en garrapatas de las especies *R. sanguineus*, *R. microplus* y *A. cajennense* colectadas en ganado bovino. Las características ecológicas del paisaje de la costa de Chiapas permiten la riqueza de ecosistemas y la diversidad climática, las cuales pueden ser responsables de que exista una diversidad en la distribución de las diferentes especies de garrapatas. Esto crea riesgos variables de picaduras por determinadas especies en función de la región geográfica. Los presentes resultados indican que la distribución de las especies *R. sanguineus*, *A. cajennense* y *R. microplus* está asociada principalmente con tipos de vegetación bosque tropical caducifolio, bosque espinoso y matorral xerófilo.²⁸ La actividad económica de mayor relevancia en la costa de Chiapas es la agropecuaria. En este estudio se pone de manifiesto el posible riesgo a la salud humana de más de 700 000 personas, la mitad de ellas habitantes de zonas rurales y con una mayor

Cuadro I
PREVALENCIA DE INFESTACIÓN EN GARRAPATAS EN DOS PERIODOS DE COLECTA Y SITIOS DE MUESTREO. CHIAPAS, MÉXICO, 2021-2022

Periodo de colecta	Municipios	Especies de garrapatas	Prevalencia de infestación de garrapatas (%)
Octubre-Septiembre 2021	Tonalá	<i>R. microplus</i>	100.00
		<i>R. sanguineus</i>	55.00
		<i>A. cajennense</i>	20.00
	Pijijiapan	<i>R. microplus</i>	66.67
		<i>A. cajennense</i>	47.62
	Mapastepec	<i>R. microplus</i>	85.71
		<i>A. cajennense</i>	21.43
	Tapachula	<i>R. microplus</i>	95.45
		<i>A. cajennense</i>	29.55
	Ciudad Hidalgo	<i>R. microplus</i>	85.71
		<i>R. sanguineus</i>	9.52
	Febrero-Marzo 2022	Tonalá	<i>R. microplus</i>
<i>R. sanguineus</i>			25
Pijijiapan		<i>R. microplus</i>	100
		<i>R. microplus</i>	97.67
Mapastepec		<i>A. cajennense</i>	2.32
		<i>R. microplus</i>	100
Tapachula		<i>R. sanguineus</i>	3.33
		<i>R. microplus</i>	19.04
Ciudad Hidalgo		<i>R. sanguineus</i>	4.76

Cuadro II
TASA MÍNIMA DE INFECCIÓN POR *RICKETTSIA SPP* EN GARRAPATAS COLECTADAS EN CINCO
MUNICIPIOS DE LA COSTA DE CHIAPAS. MÉXICO, 2021-2022

Municipio	Especie de garrapata	Etapas de desarrollo	No. de garrapatas (No. de pools)	No. pools PCR positivos a gItA	Tasa mínima de infección (TMI) por municipio
Mapastepec	<i>Rhipicephalus microplus</i>	Hembra adulto	22(7)	0	0
		Macho adulto	10(2)	0	
		Ninfa	0	0	
	<i>Amblyomma cajennense</i>	Hembra adulto	1(1)	0	
		Macho adulto	1(1)	0	
		Ninfa	0	0	
Pijijiapan	<i>Rhipicephalus microplus</i>	Hembra adulto	43(7)	3	18.8
		Macho adulto	0	0	
		Ninfa	0	0	
	<i>Amblyomma cajennense</i>	Hembra adulto	5(2)	0	
		Macho adulto	5(1)	1	
		Ninfa	0	0	
Tapachula	<i>Rhipicephalus microplus</i>	Hembra adulto	25(7)	0	72.7
		Macho adulto	0	0	
		Ninfa	19(4)	2	
	<i>Rhipicephalus sanguineus</i>	Hembra adulto	5(1)	0	
		Macho adulto	2(1)	1	
		Ninfa	0	0	
Tonalá	<i>Amblyomma cajennense</i>	Hembra adulto	4(1)	1	64.5
		Macho adulto	0	0	
		Ninfa	0	0	
	<i>Rhipicephalus microplus</i>	Hembra adulto	21(4)	1	
		Macho adulto	0	0	
		Ninfa	0	0	
Ciudad Hidalgo	<i>Rhipicephalus sanguineus</i>	Hembra adulto	0	0	25.6
		Macho adulto	10(3)	1	
		Ninfa	0	0	
	<i>Rhipicephalus microplus</i>	Hembra adulto	39(8)	1	
		Macho adulto	0	0	
		Ninfa	0	0	

Cuadro III
ANÁLISIS DE SECUENCIAS OBTENIDAS POR SECUENCIACIÓN DE SANGER DE LOS PRODUCTOS AMPLIFICADOS.
CHIAPAS, MÉXICO, 2021-2022

Muestra/origen	Secuencia comparada	Especies con las que muestra identidad %	No. acceso a GenBank
<i>Rhipicephalus microplus</i> /Pijijiapan	214 pb	98.6 <i>Rickettsia felis</i>	OP 793799
<i>Rhipicephalus sanguineus</i> / Tonalá	282 pb	99.65 <i>Rickettsia rickettsii</i>	OP793800
<i>Amblyomma cajennense</i> / Tapachula	282 pb	99.29 <i>Rickettsia rickettsii</i>	OP793801
<i>Rhipicephalus microplus</i> /Ciudad Hidalgo	272 pb	95.24 <i>Rickettsia felis</i>	OP793802

Se obtuvieron lecturas de buena calidad en al menos 200 pb de cada fragmento, se compararon con las secuencias contenidas en GenBank y se obtuvieron porcentajes altos de identidad para los mismos genes en dos especies de *Rickettsia*. Se asignaron esas especies a las muestras de donde se amplificaron esos fragmentos.

exposición a las garrapatas. Adicionalmente a las características ecológicas que contribuyen a la abundancia de garrapatas, la costa del estado de Chiapas ha registrado diversas enfermedades zoonóticas como circulación de virus del Nilo Occidental, asociado con la migración de aves provenientes del norte y sur de los Estados Unidos,²⁹ lo cual puede favorecer la dispersión de los microorganismos asociados con las mismas y con garrapatas. Las aves pueden estar implicadas en la dispersión de patógenos por tres mecanismos: 1) dispersión mecánica, actuando como un vehículo del microorganismo, sin amplificarlo; 2) dispersión biológica, actuando como amplificadores o reservorios de los mismos; y 3) dispersión de vectores o reservorios, transportando ectoparásitos hematofagos capaces de vehicular y transmitir los microorganismos.³⁰ Son estos dos últimos mecanismos los que tienen importancia en la dispersión de enfermedades transmitidas por garrapatas.³¹ Las aves pueden ser parasitadas por gran diversidad de especies y estadios de garrapatas. Muchas especies de argásidos o garrapatas blandas, y algunas especies de ixódidos, cuentan con las aves entre sus hospedadores.³² Algunos autores han sugerido que las aves pueden actuar como reservorios de algunas especies de *Rickettsia*. Ludgren y colaboradores³³ demostraron la persistencia de infección por *R. rickettsii*, bacteria responsable de la fiebre manchada de las Montañas Rocosas, durante al menos 10 días en pollos, faisanes y palomas. Existen vacíos de información en los reportes sobre la distribución y abundancia de reservorios y vectores de *Rickettsia*, lo que dificulta realizar una estimación de indicadores de importancia en entomología médica. En el presente trabajo se realizaron dos muestreos que permiten comparar la prevalencia de infección y estimar la tasa mínima de infección en las especies de garrapatas encontradas en el ganado bovino. Estos índices se pueden proponer como indicadores para la evaluación de los programas de vigilancia y control.

Conclusiones y recomendaciones

El hallazgo de la circulación de las especies de *Rickettsia* con potencial de causar enfermedades serias en la población humana pone de manifiesto la necesidad de implementar un programa de vigilancia para este tipo de infecciones. El presente grupo de trabajo ha mostrado que la prueba molecular tiene una alta especificidad para la detección de las infecciones en garrapatas y sería una forma muy apropiada de hacer el diagnóstico de manera local, en colaboración con las autoridades sanitarias encargadas de los programas de control.

Actualmente el programa de salud nacional de México contempla esta problemática con mayor seriedad, emitiendo en respuesta el Programa de Acción Específico de Prevención y Control de Enfermedades Zoonóticas y Emergentes 2020-2024,³⁴ mediante el cual se recomienda la implementación de acciones de investigación operativa para la vigilancia de las garrapatas. Estas actividades son de suma importancia en la costa del estado de Chiapas debido a que se podrían estar confundiendo casos de rickettsiosis con otras enfermedades transmitidas por vector dada la similitud de síntomas (p.e. dengue), situación que es común en aquellos estados con transmisión frecuente.²³

Agradecimientos

A Miguel Muñoz Reyes, José Luis Aguilera Rodríguez, José Antonio Zavala López y Víctor Hugo López Estrada por el apoyo técnico en las colectas de campo. Al M. en C. Vicente Viveros Santos por su apoyo en el análisis de datos de biodiversidad. Al M. en C. Rafael Ángel Avendaño Rabiella por su apoyo en el laboratorio. Al Ing. Javier Francisco González Prieto por su apoyo en el diseño de mapas.

Declaración de conflicto de intereses. Los autores declararon no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Gaywee J, Sunyakumthorn P, Rodkvamtok W, Ruangareerate T, Mason CJ, Sirisopana N. Human infection with *Rickettsia* sp. related to *R. japonica*, Thailand. *Emerg Infect Dis*. 2007;13:657-9. <https://doi.org/10.3201/eid1304.060585>
2. Sonenshine DE, Roe RM. Book Review. *Eur J Entomol*. 2015;112(3):564. <https://doi.org/10.14411/eje.2015.069>
3. Jurado-Bañuelos HA. Factores asociados y situación actual de la infección por *Rickettsia rickettsii* en México. *Elem*. 2020;120:47-51 [citado julio 5, 2022]. Disponible en: <https://elementos.buap.mx/post.php?id=639>
4. Secretaría de Salud, Dirección General de Información en Salud. Cubos dinámicos: Defunciones. México: Secretaría de Salud, 2022 [citado julio 5, 2022]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/direccion-general-de-informacion-en-salud-dgis>
5. Centers for Disease Control and Prevention. Diagnosis and management of tickborne rickettsial diseases: Rocky Mountain spotted fever and other spotted fever group rickettsioses, ehrlichioses, and anaplasmosis—United States a practical guide for health care and public health professionals. Estados Unidos: CDC, 2016 [citado julio 5, 2022]. Disponible en: <http://www.cdc.gov/mmwr/cme/conted.html>
6. Centers for Disease Control and Prevention. Tick borne diseases of the United States. A Reference Manual for Healthcare Providers. Estados Unidos: CDC, 2022 [citado julio 5, 2022]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/ticks/tickbornediseases/TickborneDiseases-Ppdf>
7. Ulloa-García A, Dzul-Rosado K, Bermúdez-Castillero SE, López-López N, Torres-Monzón JA. Detección de *Rickettsia typhi* en *Rhipicephalus sanguineus* s.l. y *Amblyomma mixtum* en el sur de México. *Salud Publica Mex*. 2020;62(4):358-63. <https://doi.org/10.21149/10160>

8. Sánchez-Montes S, Colunga-Salas P, Lozano-Sardaneta YN, Zazueta-Islas HM, Ballados-González GG, Salceda-Sánchez B, et al. The genus *Rickettsia* in Mexico: Current knowledge and perspectives. *Ticks Tick Borne Dis*. 2021;12(2). <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2020.101633>
9. Grisi L, Leite RC, Martins JR, Barros AT, Andreotti R, Cançado PH, et al. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet*. 2014; 23(2):150-6. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612014042>
10. Jonsson NN. The productivity effects of cattle tick (*Boophilus microplus*) infestation on cattle, with particular reference to *Bos indicus* cattle and their crosses. *Vet Parasitol*. 2006;137(1-2):1-10. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.01.010>
11. Rodríguez-Vivas RI, Grisi L, Pérez de León AA, Villela HS, Torres-Acosta JF, Sánchez HF, et al. Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. *Rev Mex Cienc Pecu*. 2017;8(1):61-74. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4305>
12. Matsimbe AM, Magaia V, Sanches GS, Neves L, Noormahomed E, Antunes S, Domingos A. Molecular detection of pathogens in ticks infesting cattle in Nampula province, Mozambique. *Exp Appl Acarol*. 2017;73(1):91-102. <https://doi.org/10.1007/s10493-017-0155-5>
13. Guzmán-Cornejo C, Robbins RG, Guglielmo AA, Montiel-Parra G, Pérez TM. The *Amblyomma* (Acari: Ixodidae: Ixodidae) of Mexico: Identification Keys, distribution and hosts. *Zootaxa*. 2011;(2998):16-38. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2998.1.2>
14. Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos Dr. Manuel Martínez Báez. Lineamientos para la Vigilancia Entomológica por Laboratorio, INDR. México: Secretaría de Salud, 2022 [citado julio 5, 2022]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/701452/LV_Entomolog_a_010222.pdf
15. Choi YJ, Jang WJ, Kim JH, Ryu JS, Lee SH, Park KH, et al. Spotted fever group and typhus group rickettsioses in humans, South Korea. *Emerg Infect Dis*. 2005;11(2):237-44. <https://doi.org/10.3201/eid1102.040603>
16. Altschul SF, Gish W, Miller W, Myers EW, Lipman DJ. Basic local alignment search tool. *J Mol Biol*. 1990;215:403-10. <https://doi.org/10.1006/jmbi.1990.9999>
17. Cowling DW, Gardner IA, Johnson WO. Comparison of methods for estimation of individual-level prevalence based on pooled samples. *Prev Vet Med*. 1999;39(3):211-25. [https://doi.org/10.1016/s0167-5877\(98\)00131-7](https://doi.org/10.1016/s0167-5877(98)00131-7)
18. Centers for Disease Control and Prevention. Diseases transmitted by ticks. Estados Unidos: CDC, 2022 [citado 5 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/ticks/diseases/index.html>
19. Dzúl-Rosado KR, Reyes-Novelo E, Lugo-Caballero C, Cuxim-Koyoc AD, Collí-Padrón F, Tello-Martín R, et al. Urban ecology of hosts and vectors of *Rickettsia* in a rickettsiosis-endemic city of the Yucatan peninsula, Mexico. *Acta Trop*. 2021;216:105832. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2021.105832>
20. Ereemeeva M, Zambrano M, Anaya L, Beati L, Karpathy S, Santos-Silva M, Aranda C. *Rickettsia rickettsii* in *Rhipicephalus* ticks, Mexicali, Mexico. *J Med Entomol*. 2011;48(2):418-21. <https://doi.org/10.1603/me10181>
21. Castillo-Martínez A, Cueto-Medina S, Valdés-Perezgasca M, Sánchez-Ramos F, López-Hernández J, Hernández-Rodríguez S, Ortega-Morales A. Detección de *Rickettsia rickettsii* Brump (Rickettsiales: Rickettsiaceae) en la garrapata café del perro *Rhipicephalus sanguineus* Latreille (Ixodidae: Ixodidae) en la comarca lagunera, zona reemergente de fiebre manchada en México. *Acta Zool Mex*. 2017; 33(2):339-44. <https://doi.org/10.21829/azm.2017.3321069>
22. Pieracci E, Perez-de la Rosa J, Rubio D, Solís M, Drexler N, Nicholson W, Villarino M. Seroprevalence of spotted fever group rickettsiae in canines along the United States-Mexico border. *Zoonoses Public Health*. 2019;66(8):918-26. <https://doi.org/10.1111/zph.12642>
23. Delgado-De la Mora J, Licona-Enríquez J, Leyva-Gastélum M, Delgado-De la Mora D, Rascón-Alcantar A, Álvarez-Hernández G. Una serie de casos fatales de fiebre manchada de las Montañas Rocosas en Sonora, México. *Biomédica*. 2018; 38(1):69-76 [citado julio 5, 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84355412010>
24. Martínez-Ortiz D, Torres-Castro M, López-Ávila K, Koyoc-Cardena E, Manrique-Saide P. *Rickettsia* spp. en garrapatas (Acari: Ixodidae) que infestan perros de una comunidad rural con antecedentes de rickettsiosis, Yucatán, México. *Revista Biomédica*. 2019; 30(2):43-50. <https://doi.org/10.32776/revbiomed.v30i2.650>
25. Ortega-Morales A, Nava-Reyna E, Ávila-Rodríguez V, González-Álvarez V, Castillo-Martínez A, Siller-Rodríguez Q, Almázán C. Detection of *Rickettsia* spp. in *Rhipicephalus sanguineus* (sensu lato) collected from free-roaming dogs in Coahuila state, northern Mexico. *Parasit Vectors*. 2019;12(1):130. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3377-z>
26. Sánchez-Montes S, Ballados-González G, Hernández-Velasco A, Zazueta-Islas H, Solís-Cortés M, Miranda-Ortiz H, Rangel-Escareño C. Molecular confirmation of *Rickettsia parkeri* in *Amblyomma ovale* ticks, Veracruz, Mexico. *Emerging Infectious Diseases*. 2019;25(12):2315-7. <https://doi.org/10.3201/eid2512.190964>
27. Álvarez-Hernández G, González-Roldán J, Hernández-Milan N, Lash R, Behravesch C, Paddock C. Rocky Mountain spotted fever in Mexico: past, present and future. *Lancet Infect Dis*. 2017;17(6):E189-96. [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(17\)30173-1](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(17)30173-1)
28. Para todo México. Vegetación del estado de Chiapas. México: Para todo México, 2019 [citado julio 5, 2022]. Disponible en: <https://paratodomexico.com/estados-de-mexico/estado-chiapas/vegetacion-chiapas.html>
29. Ulloa A, Ferguson HH, Méndez-Sánchez JD, Danis-Lozano R, Casas-Martínez M, Bond JG, et al. West Nile virus activity in mosquitoes and domestic animals in Chiapas, México. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2009;9(5):555-60. <https://doi.org/10.1089/vbz.2008.0087>
30. Hubálek Z. An annotated checklist of pathogenic microorganisms associated with migratory birds. *J Wildl Dis*. 2004;40(4):639-59. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-40.4.639>
31. Hasle G. Transport of ixodid ticks and tick-borne pathogens by migratory birds. *Front Cell Infect Microbiol*. 2013;3:48. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2013.00048>
32. Hoogstraal H. Argasid and nuttalliellid ticks as parasites and vectors. *Advances in Parasitology*. 1985;24:135-238. [https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(08\)60563-1](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(08)60563-1)
33. Lundgren DL, Thorpe BD, Haskell CD. Infectious diseases in wild animals in Utah VI. Experimental infection of birds with *Rickettsia rickettsii*. *J Bacteriol*. 1966;91:963-6. <https://doi.org/10.1128/jb.91.3.963-966.1966>
34. Secretaría de Salud, Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud. Programa de Acción Específico del Programa de Prevención y Control de Enfermedades Zoonóticas y Emergentes 2020-2024. Ciudad de México: Secretaría de Salud, 2020 [citado julio 5, 2022]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/documentos/programa-de-accion-especifico>