

Ixodes affinis (Acari: Ixodidae) en perros de comunidades rurales de Yucatán, México: prevalencia, abundancia y factores asociados

Analilia Solís Hernández ^a

0000-0001-9951-4201

Roger Ivan Rodríguez Vivas ^{a*}

0000-0002-3340-8059

Mario Antonio Pérez Barrera ^{bt}

Maria Dolores Esteve Gassent ^c

0000-0001-5921-2794

Dmitry A. Apanaskevich ^d

0000-0001-7865-8310

^a Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Km 15.5 carretera Mérida-Xmatkuil, 97000,
Mérida, Yucatán, México

^b Centro de Investigaciones Regionales
"Dr. Hideyo Noguchi"
Universidad Autónoma de Yucatán
Av. Itzaes No. 490 x 59-A Col. Centro, 97000,
Mérida, Yucatán, México

^c Department of Veterinary Pathobiology
College of Veterinary Medicine
and Biomedical Sciences
Texas A&M University
College Station, VMA316, TAMU-4467,
College Station TX-77843, USA

^d United States National Tick Collection
The James H. Oliver, Jr. Institute
for Coastal Plain Science
Georgia Southern University
Statesboro, 30460-8056, GA, USA

*Autor para correspondencia:

Tel: + 52 9999 423200

Correo electrónico:

rvivas@correo.uady.mx

Recibido: 2015-04-24

Aceptado: 2015-09-29

Publicado: 2015-09-30

Información y declaraciones adicionales
en la página 7

© Derechos de autor:

Analilia Solís Hernández *et al.* 2015

acceso abierto 



Distribuido bajo una Licencia Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional (CC-BY 4.0)

Resumen

Esta investigación describe la prevalencia y abundancia de, así como los factores asociados a la infestación con *Ixodes affinis* en perros que viven en dos ambientes diferentes: dos comunidades rurales, Tixméhuac (con selva mediana sub-caducifolia) y Opichén (con parches de selva baja caducifolia, tierras cultivadas y pastizales), en Yucatán, México. Los factores asociados se obtuvieron mediante un análisis de X^2 y las variables con $P < 0.2$ se sometieron a una regresión logística. Se obtuvieron un total de 33 garrapatas adultas del género *Ixodes* de 144 perros. La prevalencia de infestación de perros con *I. affinis* fue de 11.11% (16/144). Cuando la prevalencia de infestación de *I. affinis* se consideró por comunidad, Tixméhuac tuvo una prevalencia de 19.6% (11/56) y Opichén de 5.6% (5/88). La abundancia de *I. affinis* en ambas localidades promedió 2.1 (1-4) garrapatas/perro. Los factores asociados a la infestación de *I. affinis* en perros fueron la comunidad de Tixméhuac [razón de momios (RM) = 3.70; IC 95% = 1.24-11.08; $P = 0.001$], que está rodeada por selva mediana sub-caducifolia, y los perros que salen de cacería en estas zonas (RM = 7.56; IC 95% = 1.63-35.04; $P = 0.001$). En México, este es el primer reporte de la prevalencia y abundancia de la infestación con *I. affinis* en perros, que se asocia con el acceso de los perros a áreas selváticas adyacentes.

Palabras clave: *Ixodes affinis*; Perros; Comunidades rurales; Yucatán; México.

Introducción

Las garrapatas (Acari: Ixodoidea) son vectores importantes de una amplia gama de enfermedades virales, bacterianas y protozoarias y rickettsiosis que afectan a los seres humanos y a otros animales (Estrada-Peña, Jongejan, 1999; Sonenshine, 1991). El género *Ixodes* incluye más de una cuarta parte de las especies de garrapatas en todo el mundo y tiene aproximadamente 245 especies descritas hasta la fecha (Guglielmone *et al.*, 2014; Hornok *et al.*, 2015). Algunas especies de *Ixodes* tienen importancia médica y veterinaria, ya que pueden transmitir patógenos zoonóticos (Sonenshine *et al.*, 2002; Goodman *et al.*, 2005).

A pesar del dominio de este género en el hemisferio norte, pocas especies de *Ixodes* se han notificado en México; las principales son: *Ixodes boliviensis*, *I. luciae*, *I. rubidus*, *I. scapularis*, *I. spinipalpis*, *I. tancitarium*, *I. woodi*, e *I. affinis*. Esta última especie se ha encontrado sólo en el estado de Chiapas y fue colectada de un coatí (*Nasua narica*) y un venado temazate (*Mazama americana*) (Hoffmann, 1962). En Yucatán, el único espécimen *Ixodes* conocido hasta la fecha se obtuvo de un bovino (*Bos taurus*) y se envió a la Colección Nacional Acarológica de la Universidad Nacional Autónoma de México (Guzmán-Cornejo *et al.*, 2010). Sin embargo, no se hizo ninguna descripción morfológica de la muestra y se desconoce su ubicación geográfica exacta. En Estados Unidos de América (EUA), *I. affinis* se ha manifestado como vector de patógenos, tales como *Borrelia burgdorferi* (Harrison *et al.*, 2010) —la bacteria que causa la enfermedad de Lyme en muchas especies de animales—. En México, esta bacteria se ha identificado en el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), en perros (Salinas-Meléndez *et al.*, 1999) y en los seres humanos (Gordillo *et al.*, 2003, 2007), pero no existen estudios sobre el papel de *I. affinis* en la ecología de la enfermedad de Lyme en el país.

Los estadios inmaduros de *I. affinis* parasitan pequeños mamíferos, reptiles y aves, mientras que los adultos se alimentan de grandes mamíferos, como los ungulados (Mannelli *et al.*, 2011). Esta especie puede parasitar a los perros cuando están en contacto con áreas selváticas y húmedas pobladas de garrapatas (Harrison *et al.*, 2010). En Yucatán, los perros de las comunidades rurales tienen acceso a estas áreas cuando salen de cacería (Segovia-Castillo *et al.*, 2010), lo que podría aumentar el riesgo de infestación por garrapatas *Ixodes*. Debido al escaso conocimiento sobre *I. affinis* en el sureste de México y su potencial como vector de enfermedades zoonóticas, es importante estudiar su prevalencia, abundancia y factores asociados con la infestación en perros de comunidades rurales de Yucatán. Por lo tanto, el objetivo de este análisis fue evaluar la prevalencia de *I. affinis* en perros provenientes de dos ambientes en la península de Yucatán. Este estudio proporciona la primera evidencia en México de perros infestados con *I. affinis*.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en las comunidades de Opichén y Tixméhuac en el estado de Yucatán, México (figura 1). Tixméhuac ocupa una superficie de 251.6 km², con un clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 26 °C y la precipitación pluvial anual es de 1,050 mm. Los vientos dominantes provienen del sureste-noreste. La vegetación prevaleciente en la periferia es selva mediana sub-caducifolia (SMSC), habitada por venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*), jaguares (*Panthera onca*), jaguarundis (*Herpailurus yagouaroundi*), coatíes (*Nasua narica*), ardillas (*Sciurus yucatanensis*), zorros grises (*Urocyon cinereoargenteus*), conejos (*Sylvilagus sp.*), mapaches (*Procyon lotor*), venados temazates (*Mazama americana*) y pequeños roedores, como el ratón algodónero (*Sigmodon hispidus*) y el ratón venado (*Peromyscus yucatanicus*). Las principales actividades económicas de los 4,746 habitantes de la comunidad de Tixméhuac (INEGI, 2010) son la agricultura, la caza y la construcción en diferentes ciudades del estado de Yucatán.

Opichén ocupa un área de 268.2 km² con un clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 28 °C. Predominan los vientos provenientes del sureste y la precipitación pluvial anual de 1,100 mm. Opichén está rodeada de parches de selva baja caducifolia, áreas de milpas y pastizales (PSBCMP). Las especies que habitan en estos parches de selva incluyen conejos (*Sylvilagus* sp.), venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*), zarigüeyas (*Didelphis virginiana*), palomas (*Zenaida asiatica*) y codornices (*Dactylortyx thoracicus*). La comunidad tiene una población de 6,285 habitantes (INEGI, 2010), y la principal fuente de ingresos de la familia es la agricultura y la caza, así como la construcción, complementada con actividades como la cría de animales de traspatio.

Selección de las viviendas y los perros

En cada localidad, se seleccionaron 50 viviendas que tuvieran al menos un perro. Se solicitó a los dueños de los perros su consentimiento para participar en el estudio; cuando algún dueño no aceptó, se seleccionó otra vivienda. El muestreo se llevó a cabo de agosto a noviembre de 2013. Se realizó una entrevista estructurada para obtener la siguiente información sobre cada uno de los perros incluidos en el estudio: edad (por referencia del propietario), exploración física, actividad física fuera de la comunidad, condición corporal según Laflamme (1997) y frecuencia de los tratamientos acaricidas.

Colecta e identificación de garrapatas

Todos los perros de las viviendas seleccionadas fueron inspeccionados en busca de garrapatas de diferentes estadios. La inspección consistió en examinar a cada perro durante un período de 10 a 15 min con el propósito de extraer todas las garrapatas encontradas en el animal. Las garrapatas se obtuvieron mientras a los perros se les mantenía en el mínimo posible de estrés y en presencia del dueño de cada animal, considerando la normatividad vigente para el manejo y toma de muestras de animales en México (NOM-062-ZOO-1999). Los parásitos se extrajeron de forma manual; para ello se emplearon pinzas de punta fina para sujetar y retirar las garrapatas cerca de la piel del perro, y también se tuvo cuidado para no comprometer el aparato bucal de la garrapata (Gammons *et al.*, 2002). Todas las garrapatas se colocaron en viales de 50 mL que contenían una solución de etanol al 70%. Las muestras se llevaron al Laboratorio de Parasitología en el Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán (CCBA-UADY) para su clasificación taxonómica a nivel de género, la cual se realizó con la ayuda de las claves taxonómicas descritas por Keirans y Litwat (1989), Guerrero (1996), y por comparación morfológica con ilustraciones disponibles.



Figura 1. Mapa del estado de Yucatán y los sitios donde las garrapatas fueron colectadas. A) Mapa de México que muestra la localización de Yucatán. B) Localización de Opichén y Tixméhuac, las dos comunidades donde las garrapatas fueron colectadas.

Los parásitos se extrajeron de forma manual; para ello se emplearon pinzas de punta fina para sujetar y retirar las garrapatas cerca de la piel del perro, y también se tuvo cuidado para no comprometer el aparato bucal de la garrapata (Gammons *et al.*, 2002). Todas las garrapatas se colocaron en viales de 50 mL que contenían una solución de etanol al 70%. Las muestras se llevaron al Laboratorio de Parasitología en el Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán (CCBA-UADY) para su clasificación taxonómica a nivel de género, la cual se realizó con la ayuda de las claves taxonómicas descritas por Keirans y Litwat (1989), Guerrero (1996), y por comparación morfológica con ilustraciones disponibles.

Los ejemplares pertenecientes al género *Ixodes* se enviaron a la *United States National Tick Collection* (USNTC) de Georgia Southern University para ser clasificadas a nivel de especie. Las garrapatas se examinaron en un microscopio estereoscópico (Olympus SZX16, Olympus Corporation). Los ejemplares identificados se depositaron en USNTC (*The James H. Oliver, Instituto Jr. de Coastal Ciencias Plain*, Georgia Southern University, Statesboro, GA) con los números de acceso de USNMENT 00860890 a 00860896, y en el Laboratorio de Parasitología, CCBA-UADY.

Análisis de los datos

En ambas localidades, se calculó prevalencia, abundancia e infestación con *I. affinis* en perros. La prevalencia y abundancia se calcularon como se muestra:

Prevalencia:

(número de perros con *I. affinis* / número total de perros estudiados) x 100

Abundancia:

número de *I. affinis* colectadas / número de perros con *I. affinis*

Para identificar los factores asociados, se consideraron los perros infestados en ambas comunidades. Las variables ambientes diferentes (Tixméhuac con SMSC, Opichén con PSBCMP), edad (≤ 1 año, > 1 año), actividad física (perros de caza con acceso a áreas selváticas, perros que no salen de cacería y que no tienen acceso a áreas selváticas), condición corporal (buena, regular, deficiente), y tratamiento acaricida (sin tratamiento, cada 1-3 meses, > 3 meses) se analizaron mediante una prueba de X^2 univariada. Las variables con $P \leq 0.20$ se reanalizaron con una prueba multivariada de regresión logística binomial de efectos fijos, para lo cual se usó el programa SPSS 15 (SPSS, 2006). Se calcularon la razón de momios (*odds ratio*, RM), los intervalos de confianza al 95% (IC) y los valores de probabilidad (P) y se consideraron estadísticamente significativos aquellos valores con $P < 0.05$.

Resultados y discusión

Se muestreó un total de 144 perros (88 en Opichén y 56 en Tixméhuac) y se colectaron 846 garrapatas (672 en Opichén y 174 en Tixméhuac). De estas, 27 se identificaron como *Amblyomma* spp. (*A. maculatum*, *A. mixtum*, *A. ovale* y *A. auricularium*), 786 correspondieron a *Rhipicephalus sanguineus*, y 33 a *Ixodes* ssp. Los ejemplares de *Ixodes* se compararon con otras especies de *Ixodes* (como *I. scapularis*, *I. aragaoi*) y todas las muestras se clasificaron como *I. affinis*. Todas las características morfológicas principales (patrón de punteado, dentición y forma del hipostoma, y tamaño de las espinas coxales) utilizadas en la identificación de *I. affinis*, a lo largo de su distribución geográfica, se encontraron presentes en las muestras de Yucatán. Sin embargo, el número de puntos a lo largo, tanto del margen posterior como del escudo de la hembra y en el centro del escudo del macho, fue menor que en los especímenes de esta especie en otras áreas de su distribución (figura 2).



Figura 2. *Ixodes affinis* de Opichén, Yucatán, México. A y B, macho: A, vista dorsal; B, vista ventral; barra = 1 mm. C y D, hembra: C, vista dorsal; D, vista ventral; barra = 2 mm.

En ambas localidades, la prevalencia de infestación total con *I. affinis* fue de 11.11% (16/144), con una abundancia de 2.1 (1-4) garrapatas/perro. La prevalencia y abundancia de *I. affinis* no ha sido publicada en otra parte; sin embargo, en Panamá, Bermúdez y Miranda (2011) encontraron que *I. affinis* a menudo coexiste con *R. sanguineus*, *Amblyomma cajennense*, *A. oblongoguttatum*, *A. ovale* y *Haemaphysalis juxtakochi* en perros, caballos y ganado bovino. Esta coexistencia se presenta en las poblaciones rurales, los pueblos indígenas y en las zonas suburbanas cercanas a los bosques. Las etapas inmaduras de estas especies parasitan principalmente pequeños mamíferos y aves, mientras que los adultos parasitan mamíferos de mediano y gran tamaño, incluyendo perros (Guglielmone *et al.*, 2004), que se han catalogado como hospederos accidentales (Mannelli *et al.*, 2011). En Georgia y Carolina del Sur, EUA, se ha demostrado que la abundancia de *I. affinis* se asocia con la distribución de tres especies de roedores: el ratón de algodón (*Peromyscus gossypinus*), la rata de algodón (*Sigmodon hispidus*), y la rata de madera (*Neotoma floridana*) (Oliver *et al.*, 2003). Estos roedores son hospederos primarios para las etapas inmaduras de *I. affinis* (Clark *et al.*, 1998). *I. affinis* se encuentra en Centro y Sudamérica y con menos frecuencia en América del Norte. Los adultos a menudo se alimentan del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el linco (*Lynx rufus*), el mapache (*Procyon lotor*) y los perros domésticos (*Canis familiaris*) (Oliver *et al.*, 1987).

En esta investigación, sólo 4.8% (7/144) de los perros recibió tratamiento acaricida, lo que puede explicar la alta prevalencia de infestación con *I. affinis* adultos, y sin que el tratamiento acaricida tuviera un impacto significativo sobre la prevalencia de la infección. Las dos variables del análisis univariado χ^2 que presentaron valores de $P < 0.2$ fueron: los diferentes ambientes y la actividad física. El cuadro 1 muestra los resultados de la regresión logística sobre estas dos variables. Los perros de Tixméhuac fueron 3.7 veces más propensos a ser infestados con *I. affinis* que los de Opichén. Esto puede deberse a la selva mediana sub-caducifolia circundante en Tixméhuac, la cual mantiene una mayor población de *I. affinis* (Bermúdez, Miranda, 2011). Lindström y Jaenson (2003) hallaron que, en Suecia, la abundancia de ninfas de *I. ricinus* fue significativamente mayor en el bosque que en campo abierto. Esto apoya la idea de que diferentes tipos de vegetación influyen en la abundancia de garrapatas. Por otra parte, en un estudio sobre *I. scapularis* en Wisconsin, EUA, se demostró que la presencia y abundancia de esta garrapata variaron según el hábitat: la presencia de garrapatas tuvo una correlación positiva con selvas caducifolias y negativa con pastizales (Guerra *et al.*, 2002). La menor probabilidad de encontrar garrapatas *I. affinis* en Opichén podría explicarse por la existencia de un ecotono de transición provocado por la conversión de la selva para la agricultura, lo que disminuye el riesgo de

Cuadro 1. Resultados de la regresión logística para identificar los factores asociados con la infestación de *Ixodes affinis* en perros de dos comunidades rurales de Yucatán, México.

Variable	Total	Positivos	Prevalencia de infestación (%)	RM	IC 95%	P
Ambiente						
PSBCMP (Opichén)	88	5	5.6	1	1.24 - 11.08	0.01
SMSC (Tixméhuac)	56	11	19.6	3.70		
Actividad física						
Perros caseros	58	2	3.4	1	1.63 - 35.04	0.001
Perros de cacería	86	15	17.4	7.56		

RM: razón de momios (*odds ratio*); IC: intervalo de confianza; P: valor de probabilidad; PSBCMP: parches de selva baja caducifolia, áreas de milpas y pastizales; SMSC: selva mediana sub-caducifolia

exposición a la garrapata (Segovia-Castillo *et al.*, 2010). Vanwambeke *et al.* (2010) observaron que la incidencia de las enfermedades transmitidas por garrapatas fue menor, no sólo donde había áreas relativamente grandes con cobertura de suelo desfavorable, como tierras de cultivo, sino también donde los bosques estaban rodeados por más tierras agrícolas.

Los perros de cacería, que se adentraron a las áreas selváticas, fueron 7.56 veces más propensos a infestarse con *I. affinis* que aquéllos que permanecían dentro de la vivienda y en la comunidad (cuadro 1). Un resultado similar señalaron Bermúdez y Miranda (2011), quienes encontraron que los perros que salían de cacería fueron más propensos a infestarse con garrapatas, incluyendo *I. affinis*, que los perros que no salían de cacería. Los perros de caza suelen llevar garrapatas infectadas desde la selva hasta el medio ambiente humano, donde las garrapatas hembras ponen sus huevos y los estadios inmaduros se alimentan preferentemente de pequeños mamíferos y roedores (Shimada *et al.*, 2003; Bhide *et al.*, 2004). La presencia de roedores en el área peridoméstica facilita la alimentación de las larvas y ninfas, por lo tanto, ayuda a que la población de garrapatas se establezca (Bhide *et al.*, 2004). Estas ninfas ixodidas tienen una amplia gama de hospederos, incluyendo perros y humanos, y al sufrir la metamorfosis en adultos, se convierten en la principal fuente de infección para los perros (Smith *et al.*, 1993). Los perros de caza probablemente desempeñan un papel clave en la dispersión de la garrapata y en la transmisión de patógenos, por lo que pueden representar un riesgo potencial para la salud en estas localidades.

En conjunto, estos hallazgos sugieren que los perros de cacería pueden jugar un papel importante en la propagación de las garrapatas en las comunidades rurales de Yucatán, como resultado de su ambular por las áreas selváticas adyacentes. Por lo tanto, los perros y los humanos pueden ser hospederos accidentales de patógenos. *Ixodes affinis* por lo general no parasita a los humanos (Rudenko *et al.*, 2012); sin embargo, Allan (2001) observó a esta especie alimentándose de un humano, por lo que se necesitan estudios adicionales para confirmar el papel del humano como hospedero accidental de *I. affinis*.

La importancia de *I. affinis* en Yucatán, México, está relacionada con el papel que esta especie de garrapata puede tener en el mantenimiento de ciertos patógenos, tales como *B. burgdorferi*. En particular, esto podría ser de gran importancia en lo que respecta a los reservorios de los que *I. affinis* se alimenta y que podrían

actuar como vectores puente, los cuales, bajo ciertas condiciones ambientales y ecológicas, podrían parasitar a los humanos (Oliver, 1996). Aunque con anterioridad *I. affinis* se ha reportado en México, este documento es el primer registro de esta especie de garrapata que parasita perros en comunidades rurales.

Conclusión

Este es el primer informe en México de la prevalencia y abundancia de infestación de *I. affinis* en perros domésticos, resultado del acceso que estos tienen a áreas selváticas adyacentes. El papel de los perros de caza como posibles dispersores de *I. affinis* y reservorios de enfermedades transmitidas por garrapatas transmisibles a los humanos en las zonas rurales de México debe considerarse con cautela y merece una investigación mayor.

Financiamiento

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) le otorgó una beca de doctorado a Analilia Solís Hernández.

Agradecimientos

Los autores tienen una deuda de gratitud con las autoridades municipales y las personas de Opichén y Tixméhuac por dejarnos entrar a sus hogares, y por su ayuda en el presente trabajo. Nuestra gratitud a Alonso Panti May, Rodrigo Carrillo Peraza y Marco Torres Castro, por su apoyo técnico.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Analilia Solís Hernández, Roger Iván Rodríguez Vivas y María Dolores Esteve-Gassent: realizaron el estudio y revisaron de forma crítica y aprobaron el manuscrito para su publicación.

Mario Antonio Pérez Barrera: revisó el análisis estadístico y el manuscrito para su publicación.

Dmitry A. Apanaskevich: hizo la clasificación taxonómica de las garrapatas para la identificación de las especies, y criticó y aprobó el manuscrito para su publicación.

Referencias

- 1) Allan S. 2001. Ticks (Class Arachnida: Order Acarina). In WS Samuel, MJ Pybus, AA Kocan (editors). Parasitic Diseases of Wild Animals, 2nd edition. Iowa State University Press. pp. 72–106.
- 2) Bermudez S, Miranda R. 2011. Distribución de los ectoparásitos de *Canis lupus familiaris* L. (Carnivora: Canidae) de Panamá. *Revista MVZ Córdoba*, 16:2274–82.

- 3) Bhide M, Travnicek M, Curlik J, Stefancikova A. 2004. The importance of dogs in eco-epidemiology of Lyme borreliosis: a review. *Veterinary Medicine Czech*, 49:135–42.
- 4) Clark KL, Oliver JH, McKechnie JrDB, Williams DC. 1998. Distribution, abundance, and seasonal activities of ticks collected from rodents and vegetation in South Carolina. *Journal Vector Ecology*, 23:89–105.
- 5) Estrada-Peña G, Jongejan F. 1999. Ticks feeding on humans: a review of records on human-biting Ixodoidea with special reference to pathogen transmission. *Experimental and Applied Acarology*, 23:685–715.
- 6) Gammon M, Salam G. 2002. Tick removal. *American Family Physician*, 66:643–45.
- 7) Goodman JL, Dennis DT, Sonenshine DE. 2005. Tick-borne diseases of humans. *American Society for Microbiology Press, Washington DC*, pp. 401.
- 8) Gordillo-Pérez G, Torres J, Solórzano-Santos F, Garduño-Bautista V, Tapia-Conyer R, Muñoz O. 2003. Estudio seroepidemiológico de borreliosis de Lyme en la Ciudad de México y el noreste de la República Mexicana. *Salud Pública de México*, 45: 351–55.
- 9) Gordillo-Pérez G, Torres J, Solórzano-Santos F, Martino S, Lipsker D, Velázquez E, Ramon G, Onofre M, Jaulhac B. 2007. *Borrelia burgdorferi* infection and cutaneous Lyme disease, Mexico. *Emerging Infectious Diseases*, 13(10):1556-58.
- 10) Guerra M, Walker E, Jones C, Paskewitz S, Cortinas MR, Stancil A, Beck L, Bobo M, Kitron U. 2002. Predicting the risk of Lyme disease: habitat suitability for *Ixodes scapularis* in the North Central United States. *Emerging Infectious Diseases*, 8:289–97.
- 11) Guerrero R. 1996. Las garrapatas de Venezuela (Acarina: Ixodidae). Listado de especies y claves para su Identificación. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 36:1–24.
- 12) Guglielmone A, Estrada-Peña A, Keirans J, Robbins R. 2004. Las garrapatas (Acari: Ixodida) de la región zoogeográfica neotropical. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- 13) Guglielmone AA, Robbins RG, Apanaskevich DA, Petney TN, Estrada-Peña A, Horak IG. 2014. The Hard Ticks of the World. Springer. New York. pp. 216–18.
- 14) Guzmán-Cornejo C, Robbins RG. 2010. The genus *Ixodes* (Acari: Ixodidae) in Mexico: adult identification keys, diagnoses, hosts, and distribution. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81:289–98.
- 15) Harrison BA, Rayburn WHJr, Toliver M, Powell EE, Engber BR, Durden LA, Robbins RG, Prendergast BF, Whitt PB. 2010. Recent discovery of widespread *Ixodes affinis* (Acari: Ixodidae) distribution in North Carolina with implications for Lyme disease studies. *Journal of Vector Ecology*, 35:174–79.
- 16) Hoffmann A. 1962. Monografía de los Ixodidae de México. Parte I. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 23:191–307.
- 17) Hornok S, Kontschán J, Estrada-Peña A, de Mera IG, Tomanović S, de la Fuente J. 2015. Contributions to the morphology and phylogeny of the newly discovered bat tick species, *Ixodes ariadnae* in comparison with *I. vespertilionis* and *I. simplex*. *Parasites and Vectors*, 24(8): 47.
- 18) INEGI Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Censo General de Población y Vivienda 2010. <http://inegi.org.mx>. Accessed 03 March 2014

- 19) Keirans JE, Litwak TR. 1989. Pictorial key to the adults of hard ticks, family Ixodidae (Ixodida: Ixodidea), east of the Mississippi river. *Journal Medical of Entomology*, 26:435–48.
- 20) Laflamme DP. 1997. Development and validation of a body condition score system for dogs. *Canine Practice*, 22: 10–5.
- 21) Lindström A, Jaenson TGT. 2003. Distribution of the common tick *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae), in different vegetation types in Southern Sweden. *Journal Medical Entomology*, 40:375–8.
- 22) Mannelli A, Bertolotti L, Gern L, Gray J. 2011. Ecology of *Borrelia burgdorferi sensu lato* in Europe: transmission dynamics in multi-host systems, influence of molecular processes and effects of climate change. *Microbiological Reviews*, 36:837–61.
- 23) Oliver JHJr, Keirans JE, Lavender DR, and Hutcheson HJ. 1987. *Ixodes affinis* Neumann (Acari: Ixodidae): New host and distribution records, description of immature, seasonal activities in Georgia, and laboratory rearing. *Journal of Parasitology*, 73(3):646–52.
- 24) Oliver Jr JH. 1996. Lyme borreliosis in the southern United States: a review. *Journal of Parasitology*, 82:926–35.
- 25) Oliver JHJr, Lin T, Gao L, Clark KL, Banks CW, Durden LA, James AM, Chandler FWJr. 2003. An enzootic transmission cycle of Lyme borreliosis spirochetes in the southeastern United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100:11642–45.
- 26) Rudenko N, Golovchenko M, Hönig V, Mallátová N, Krbková L, Mikulášek P, Fedorova N, Belfiore NM, Grubhoffer L, Lane RS, Oliver, JHJr. 2012. Detection of *Borrelia burgdorferi sensu stricto* OspC alleles associated with human Lyme Borreliosis worldwide in non-human-biting tick *Ixodes affinis* and rodent hosts in Southeastern United States. *Applied and Environmental Microbiology*, 79:1444–53.
- 27) Salinas–Melendez J, Avalos–Ramírez R, Riojas–Valdez V, Martínez–Munoz A. 1999. Serological survey of canine borreliosis. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 41:1–3.
- 28) Segovia–Castillo A, Chablé–Santos J, Delfín–González H, Sosa–Escalante J, Hernández–Betancourt SF. 2010. Aprovechamiento de fauna silvestre por comunidades mayas. In: Durán R, Méndez M. (eds) Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. CICY–PPD–FMAM–CONABIO–SEDUMA, Mérida. pp 385–87.
- 29) Shimada Y, Beppu T, Inokuma H, Okuda M, Onishi T. 2003. Ixodid tick species recovered from domestic dogs in Japan. *Medical and Veterinary Entomology*, 17: 38–45.
- 30) Smith RPJr, Rand PW, Lacombe EH, Telford SR, Rich SM, Piesman J, Spielman A. 1993. Norway rats as reservoir hosts for Lyme disease spirochetes on Monhegan Island, Maine. *Journal Infected Disease*, 168:687–91.
- 31) Sonenshine DE, Lane RS, Nicholson WL. 2002. Ticks (Ixodida). In: Mullen G. and Durden L. (eds.), *Medical and Veterinary Entomology Academic Press, New York*, pp. 517–58.
- 32) Sonenshine DE. 1991. Biology of ticks. Vol. 1, Oxford University Press, Oxford.
- 33) SPSS Inc. 2006. SPSS for Windows Version 15. Chicago, USA.
- 34) Vanwambeke S, Sumilo D, Bormane A, Lambin EF, Randolph SE. 2010. Landscape predictors of tick-borne encephalitis in Latvia: land cover, land use, and land ownership. *Vector Borne and Zoonotic Disease*, 10:497–506.