


Causas y consecuencias del cambio climático en la producción pecuaria y salud animal. Revisión



Berenice Sánchez Mendoza ^a

Susana Flores Villalva ^a

Elba Rodríguez Hernández ^a

Ana María Anaya Escalera ^a

Elsa Angélica Contreras Contreras ^{a*}

^a Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CENID-FyMA. Querétaro, Querétaro, México.

*Autor de correspondencia: elsangeli@hotmail.com

Resumen:

La acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre está ocasionando un cambio climático con graves implicaciones, como fenómenos meteorológicos extremos, cambios en la función y composición de los ecosistemas. Debido a su importancia, resulta relevante analizar el impacto del cambio climático en los sistemas de producción pecuarios. Un área que requiere especial atención es precisamente la salud animal, la emergencia y reemergencia de enfermedades vectoriales en numerosas regiones del planeta constituye un claro ejemplo de asociación entre cambio climático y efectos sobre la interfaz de la salud humana/animal. Dichas afectaciones a la salud animal pueden obedecer a múltiples factores sociales y medioambientales, provocando las llamadas “enfermedades de la producción”, los cuales influyen la aparición de enfermedades emergentes. Sin embargo, cada región y cada sistema de producción tiene sus propias vulnerabilidades. Estos aspectos deben tomarse en cuenta para diseñar mapas de riesgos locales y regionales; así como diseñar, instrumentar y socializar eficientemente procesos de manejo de riesgos ante enfermedades.

Palabras clave: cambio climático, enfermedades animales, producción pecuaria, medidas de adaptación.

Recibido: 07/01/2018

Aceptado: 04/06/2018

Introducción

El clima del planeta Tierra varía según las épocas y las zonas donde los cambios climáticos observados se extienden generalmente por largos períodos de tiempo. No obstante, en las últimas décadas, estos cambios parecen haberse acelerado de acuerdo a algunos indicadores, como el aumento de la temperatura, la reducción de la superficie del hielo Ártico y de los glaciares continentales, el aumento del nivel medio global del mar, e indicadores biológicos como el desplazamiento de las poblaciones de animales terrestres y marinos; así como el desplazamiento de las etapas de las actividades agrícolas. Por lo tanto, el cambio climático va mucho más allá del calentamiento global y sus consecuencias. El cambio climático provoca implicaciones más profundas, tales como fenómenos meteorológicos extremos, alteración del ciclo del agua, acidificación de los océanos, cambios en la función y composición de los ecosistemas. Todo este conjunto de drásticos cambios causa la formación de fenómenos naturales destructivos, como huracanes, ciclones o tsunamis. Se predice que dichos patrones climatológicos traerán como consecuencia la diseminación o incremento de prevalencia de distintas enfermedades animales y humanas, así como la extinción de especies animales y vegetales^(1,2). Aunado a esto, los efectos del cambio climático reducirán el crecimiento económico, complicarán los esfuerzos de los gobiernos para reducir la pobreza y afectarán la seguridad alimentaria^(3,4).

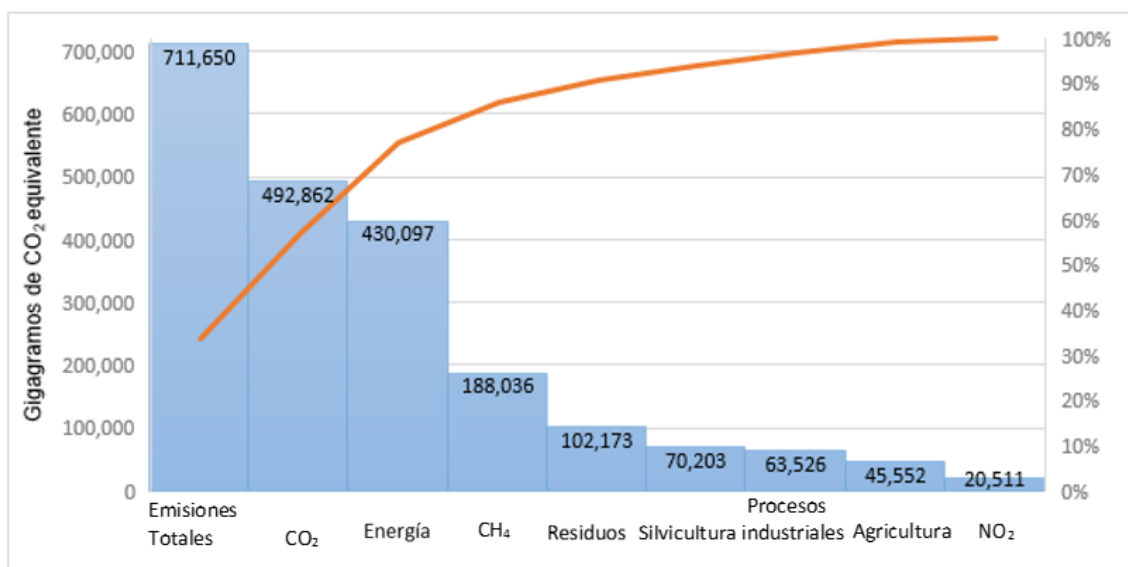
El fenómeno considerado más importante en este cambio climático es el efecto invernadero. Se origina por la energía que llega del sol, formada por ondas de frecuencias altas que traspasan la atmósfera con facilidad, y luego la energía remitida hacia el exterior desde la tierra, formada por ondas de frecuencias más bajas, es absorbida por los Gases de Efecto Invernadero (GEI), produciendo de este modo el efecto invernadero⁽⁵⁾. Además, la energía que llega del sol es devuelta de forma más lenta, por lo que es mantenida más tiempo junto a la superficie de la Tierra⁽⁶⁾. Los principales GEI, asociados con el fenómeno del calentamiento global, son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos, (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆)^(6,7).

Gases de efecto invernadero

A partir de la revolución industrial en el siglo XVIII, y hasta la actualidad, la composición atmosférica de CO₂, CH₄ y N₂O ha excedido los valores que se dieron durante los 10,000 años previos. El incremento en su concentración ha provocado la absorción y reemisión de radiación infrarroja hacia la atmósfera y la superficie de la tierra, generando un aumento de la temperatura en aproximadamente 0.6 °C durante el siglo XX. Esta tendencia se ha atribuido a la acumulación de CO₂ y de otros gases en la atmósfera derivados de la actividad humana⁽⁸⁾. El CO₂, por ejemplo, participa en el ciclo del carbono en la naturaleza; 1,012 t pasan por el ciclo natural del carbono, en el proceso de fotosíntesis. Además, tiene una captación de la radiación de hasta 49 % y tiene una vida en la atmósfera de entre 50 y 200 años⁽⁹⁾.

Gracias a los acuerdos internacionales como los protocolos de Montreal y de Kyoto, así como las recientes cumbres de Copenhague y Cancún, así como a la existencia de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales en todo el mundo, muchos países están realizando acciones encaminadas a la mitigación de las emisiones de GEI. De esta forma, la primera acción fue determinar el inventario de GEI que cada país emite considerando sus diversas actividades socioeconómicas⁽⁷⁾. El protocolo internacional de Kioto establece límites para los distintos gases de efecto invernadero, así como el compromiso de los países desarrollados para evaluar y cuantificar las concentraciones de estos gases, y en especial, a desarrollar técnicas para reducirlos.

El panel intergubernamental de expertos sobre el cambio climático⁽¹⁰⁾ (IPCC por sus siglas en inglés) ha establecido a través de diferentes grupos de trabajo, modelos de cálculo de emisiones, sugiriendo diferentes factores de emisión según el nivel de conocimiento y datos de cada zona geográfica y producción agro-ganadera. Aunque sólo son estimaciones, constituye el único modelo consensuado a nivel global, porque permite realizar aproximaciones de las emisiones que pueden ser utilizadas con fines comparativos entre sistemas productivos. En el caso particular de México ya se realiza el inventario de GEI desde 1997 ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)⁽¹¹⁾. De acuerdo con este inventario, como se observa en la Figura 1, el sector energético es el principal emisor de GEI (20 %), mientras que en el caso de la agricultura y la producción pecuaria, contribuyen tan solo con el 6.4 % a las emisiones antropogénicas de CH₄, CO₂ y N₂O a la atmósfera. Reportes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, por sus siglas en inglés) ubican principalmente a la producción intensiva de ganado bovino, como contribuyentes de la contaminación ambiental⁽⁶⁾, siendo la fermentación entérica una de las principales fuentes de CH₄. Este proceso, tiene un potencial contaminante de 23 a 30 veces superior al CO₂; por ejemplo, en el año 2014 alcanzó una concentración atmosférica máxima de 1,833 ppm, equivalente a 254 % de su nivel preindustrial⁽¹²⁾.

Figura 1: Inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero en México

Fuente: Adaptado del IPCC, 2017⁽¹⁰⁾.

Debido al rápido aumento de las concentraciones atmosféricas de CH₄ durante los últimos años, así como a los efectos que ejerce sobre el clima y sobre la química atmosférica, sus emisiones deben controlarse y reducirse^(11,13). En consecuencia, los rumiantes se encuentran en primer lugar de importancia dentro de la ganadería, ya que, en México el ganado contribuye con un 84 % del total del CH₄ emitido en el sector pecuario, del cual 89 % es generado por el ganado bovino de engorda estabulado y doble propósito, 10 % por el ganado productor de leche y 1 % por el resto de los animales de granja⁽¹⁴⁾.

Por otra parte, se estima que para el año 2050 la producción mundial de alimentos tendrá que aumentar en un 60 % para cubrir el incremento en la demanda. Esta producción tendrá que lograrse usando tierras que ya están siendo cultivadas, bajo la primicia de producir más y utilizando menos recursos naturales, por lo que se enfrenta la necesidad de crear ambientes eco-eficientes para la adaptación al cambio climático⁽¹⁵⁾.

Impacto del cambio climático en la producción pecuaria

El sector ganadero se enfrenta a una paradoja. Por un lado, se le atribuye la generación de GEI, de acuerdo con datos de la FAO⁽¹⁵⁾, ya que a nivel mundial la producción de carne y leche de bovino es responsable de la mayoría de las emisiones, pues contribuye con el 41 y

el 29 %, respectivamente, de las emisiones del sector. La carne de cerdo y los huevos de aves de corral contribuyen con el 9 y el 8 % de las emisiones del sector. La producción y elaboración de piensos y la fermentación entérica debida a los animales rumiantes son las dos fuentes principales de emisiones, responsables del 45 y el 39 % de las emisiones del sector. El almacenamiento y elaboración del estiércol representa el 10 %. La parte restante se atribuye a la elaboración y el transporte de productos pecuarios⁽¹⁶⁾. Por otro lado, la producción de alimentos aporta un 40 % del valor de la producción agrícola mundial y sostiene los medios de vida y la seguridad alimentaria de casi 1,300 millones de personas en el mundo⁽¹⁷⁾. En muchos países en desarrollo, la ganadería es una actividad multifuncional; más allá de su papel directo en la generación de alimentos e ingresos, el ganado es un activo valioso, que actúa como reserva de riqueza, garantía en los créditos y constituye una red de seguridad esencial en tiempos de crisis⁽¹⁸⁾.

Debido a su importancia, resulta relevante analizar el impacto del cambio climático en los sistemas de producción pecuarios. Este análisis es importante debido a que en este sistema confluye lo social, ambiental y económico. Los efectos del cambio climático tendrán un impacto directo en la organización social de las unidades de producción, en la seguridad alimentaria y en la salud humana y animal⁽¹⁹⁾. Desde una perspectiva social, tomando en cuenta las especificidades locales, los efectos del cambio climático en la producción agropecuaria, dependerán, entre otros factores, del tipo de sistema ya sea intensivo o extensivo⁽¹⁸⁾.

Los sistemas intensivos obtienen el 90 % de los alimentos para el ganado de sistemas externos; se dedican a la producción de una única especie, manejando altas densidades por unidad de área, utilizan alimentos balanceados basados en cereales, por lo que, en estos sistemas, la tierra no es un factor tan importante, como por ejemplo la tecnología; su producción está destinada principalmente para la venta y no utilizan mano de obra familiar⁽²⁰⁾. Por el contrario, los sistemas de producción extensivos se encuentran más ligados a las condiciones naturales del medio, utilizan mano de obra familiar y su producción se destina principalmente para el autoconsumo. Las unidades de producción son pequeñas, familiares y su lógica económica no es perseguir la máxima ganancia, sino que su tendencia es a buscar el bienestar familiar⁽²¹⁾. Por lo tanto, estas diferencias en los sistemas de producción causan impactos opuestos⁽¹⁴⁾.

En ambos sistemas de producción la diferencia se debe a distintos factores, entre los que se encuentran la distribución desigual de recursos y de condiciones para el desarrollo y el despliegue de capacidades para la toma de decisiones; es decir, qué tan vulnerable es un sistema con respecto al cambio climático⁽²²⁾. Para enfrentar los efectos del cambio climático, se implementan medidas de adaptación, que tienen que ver con ajustes ambientales, sociales y ecológicos. De acuerdo con el IPCC⁽²³⁾ “la adaptación se refiere a los cambios en los

procesos, prácticas y estructuras para moderar los daños potenciales o para beneficiarse de las oportunidades asociadas al cambio climático”.

La adaptación implica tomar acciones orientadas a preservar la resiliencia e incrementar la capacidad adaptativa de los agroecosistemas y de los actores sociales del sector agropecuario⁽¹⁸⁾. En este sentido, no es lo mismo trabajar estrategias de adaptación al cambio climático con un productor familiar que con un productor que se dedica a la exportación de carne. Se estima que los pequeños productores serán los más afectados dado su bajo acceso a las tecnologías, insumos y recursos monetarios para adoptar medidas de adaptación^(14,24,25). Por ejemplo, el impacto del cambio climático en los sistemas extensivos se traduce en la menor disponibilidad de alimentos, por consecuencia de la disminución de la producción agrícola y la insuficiencia de condiciones para mantener a la producción pecuaria que requiere amplias cantidades de pastizales para mantener al ganado, lo que, en suma, deriva en una dieta pobre en nutrientes para las poblaciones más vulnerables. Las condiciones se tornan más graves, toda vez que la dependencia de los productores con respecto de los ciclos naturales de la producción e, incluso, la ubicación geográfica de las tierras donde habitan los coloca en una situación de vulnerabilidad⁽¹⁹⁾.

En este contexto, un aspecto que requiere especial atención es la relacionada con la salud animal. De acuerdo con Oyhantcabal *et al*⁽¹⁸⁾, el aumento de las temperaturas en las zonas áridas o semiáridas influirá en la alimentación del ganado; por lo tanto, su producción será menor. En consecuencia, se dará lugar a una situación de estrés fisiológico; en estrecha relación aparecerán problemas de acceso y necesidad de agua, inconveniente que será compartido con los seres humanos. De esta forma, la ausencia de alimento y agua pueden desencadenar enfermedades en los animales que afecten su productividad. La emergencia y reemergencia de enfermedades vectoriales en numerosas regiones del planeta constituye un claro ejemplo de asociación entre cambio climático y efectos sobre la interfaz de la salud humana/animal^(12,26). Al intensificarse la frecuencia de fenómenos extremos, podrían aumentar las muertes y enfermedades relacionadas con el clima, ya que las afectaciones a la salud animal pueden obedecer a múltiples factores ambientales provocando las llamadas “enfermedades de la producción”^(18,27).

Tomando como referencia el modelo de convergencia para clasificar los factores que influyen sobre la emergencia y reemergencia de enfermedades, entre una serie de factores tanto sociales, como económicos, destaca el factor climático⁽²⁸⁾. De acuerdo con Oyhantcabal *et al*⁽¹⁸⁾, las relaciones pueden ser simplificadas o pueden desagregarse, tomando en consideración que los factores sociales y ecológicos interactúan entre ellos, en lugar de cada uno por su lado. Algunos científicos como Black y Nunn⁽²⁹⁾ se refieren al sistema como complejo, llamándolo sistema socio-ecológico o enfoque eco-social de la salud. Los estudios que investigan las tendencias de las enfermedades infecciosas emergentes han confirmado que éstas son provocadas casi siempre por factores socioeconómicos, medioambientales y

ecológicos; de tal manera, que se requiere de enfoques nuevos que completen los métodos tradicionales^(30,31). Es importante especificar que, el propósito de los modelos es ayudar a entender las relaciones entre los factores y mejorar la capacidad de adaptación y de previsión para el futuro⁽²⁹⁾.

De esta forma, los factores socioeconómicos y medio ambientales influyen la aparición de las enfermedades emergentes, las cuales representan una amenaza para la salud mundial^(27,32,33). No obstante, lo que resulta preocupante es que el reparto de los recursos para las medidas de vigilancia no se basa en el riesgo, sino que está relacionado con la mayor capacidad y disponibilidad de recursos que tiene cada país. Sin embargo, cada región y cada sistema de producción tiene sus propias vulnerabilidades; estos aspectos deben tomarse en cuenta para diseñar mapas de riesgos locales y regionales; así como diseñar, instrumentar y socializar eficientemente procesos de manejo de riesgos ante enfermedades⁽³⁴⁾.

Impacto del cambio climático en la salud animal

Existe una vasta literatura sobre la contribución de las actividades agropecuarias a la generación de GEI y, por ende, al cambio climático; sin embargo, los efectos del cambio climático en las enfermedades animales han recibido muy poca atención^(31,33,35-37), a pesar de su relación directa con la pobreza y su impacto en la salud pública. Desde siempre, las enfermedades animales han aparecido y evolucionado, cambiando por diferentes motivos; sin embargo, los cambios acelerados en distribuciones de hábitat pueden alterar el comportamiento. Estas alteraciones pueden incluir la aparición de nuevos síndromes o un cambio en la prevalencia de enfermedades existentes, especialmente las que se transmiten por insectos, debido a que no todos los patógenos son igualmente afectados por el cambio climático. Para algunas especies puede significar un aumento de área de influencia y para otras puede significar una disminución^(32,38,39).

El cambio climático puede afectar a las enfermedades infecciosas a través de factores propios del patógeno, el vector, el huésped, la epidemiología y otros factores indirectos^(3,40). Los microorganismos tienen la habilidad de mutar con el objetivo de adaptarse a los cambios ambientales. Por ejemplo, los virus ARN (ácido ribonucleico) tienen altas tasas de mutación debido a su rápida replicación y falta de mecanismos de corrección de DNA (*proof-reading*)⁽³³⁾. Otro ejemplo que ilustra esta rápida adaptación al cambio climático se observó con el virus que causa la encefalitis equina venezolana en México; una sustitución de un solo aminoácido en una glicoproteína de membrana, le permitió su adaptación a otro vector, el mosquito *Ochlerotatus (Aedes) taeniorhynchus*⁽⁴¹⁾. Este vector se volvió más abundante en las regiones de la costa del pacífico de México después que la deforestación de los años 80

destruyera el hábitat del mosquito *Culex taeniopus*, identificado como uno de los principales vectores del virus en esa época⁽⁴¹⁻⁴³⁾. De esta forma, el cambio climático no solo afecta la distribución geográfica y abundancia de los vectores, sino que también afecta la interacción entre el patógeno y el vector, a través de su transmisión a nuevos vectores. Además, de los eventos de mutación, los virus pueden adaptarse y evolucionar a través de eventos de recombinación. Estos re-arreglos son comunes en virus segmentados, como el virus de la influenza. Aunado a esto, el cambio climático puede disminuir los hábitats disponibles, forzando a las especies a convivir en áreas más pequeñas. Esto favorece el intercambio de patógenos entre especies animales de diversos tipos, fenómeno que favoreció la diseminación del virus altamente patógeno de influenza aviar H5N1⁽⁴⁴⁾.

Muchas enfermedades animales de importancia se asocian con insectos y artrópodos como mosquitos, moscas y garrapatas, que fungen como vectores. La enfermedad de la lengua azul en vacas, la peste porcina africana en cerdos o la fiebre del valle del Rift en rumiantes representan solo algunos ejemplos. Algunas no son zoonóticas, pero su impacto en la industria pecuaria puede ser devastador por las pérdidas de oportunidades comerciales y los costos de vigilancia⁽⁴⁵⁾. Estas enfermedades pueden alcanzar nuevos territorios a través de la expansión del vector a nuevas áreas geográficas. Se considera que esto aconteció en el caso del virus de la lengua azul en Reino Unido en el año 2006⁽²⁷⁾. La distribución geográfica de los vectores es altamente dependiente de variables medioambientales, como la temperatura, humedad y viento. Por ejemplo, el período de incubación extrínseco, definido como el período entre el cual un vector que se ha alimentado de un huésped es capaz de transmitir la infección a otro huésped susceptible, se alarga a temperaturas bajas⁽⁴⁰⁾. También se ha observado que el virus de la lengua azul es transmitido con mayor eficiencia por *C. imicola* a temperaturas de 28 a 30 °C, siendo menos eficiente a temperaturas cercanas a 10 °C. De esta forma las temperaturas cálidas favorecen la transmisión de ciertas enfermedades⁽⁴²⁾. De la misma forma, la tasa de alimentación de los artrópodos aumenta a mayores temperaturas, lo que incrementa la exposición del ganado a los patógenos favoreciendo su diseminación⁽²¹⁾. La abundancia de los mosquitos y jejenes se ve aumentada en períodos de lluvias abundantes que favorecen la formación de charcos o cuerpos de agua ideales para su ovoposición. En África por ejemplo, se han observado epizootias de la fiebre del Valle de Rift en la fase cálida de El Niño⁽²⁷⁾. En particular el cambio climático puede abrir territorio que anteriormente era inhabitable para vectores artrópodos, así como aumentar las tasas de reproductibilidad y piquetes (mosquitos)/mordeduras (garrapatas) y acortar el periodo de incubación de los patógenos^(3,33). Muchos artrópodos que se alimentan de sangre, como las garrapatas, pasan la mayor parte de su ciclo de vida en el medio ambiente. El desarrollo, sobrevivencia y dinámica de la población depende de factores como la disponibilidad de hospederos, la vegetación y el clima, entre otros⁽⁴⁶⁻⁴⁸⁾.

Es claro que el cambio climático altera, de forma directa o indirecta, la distribución e incidencia de un amplio rango de enfermedades. No obstante, la complejidad de la relación

huésped-patógeno y su interacción con el ambiente hace difícil una predicción certera sobre la presentación o modificación de estas enfermedades⁽³⁰⁾. Un ejemplo ilustrado por Gallana *et al*⁽⁴⁹⁾ demuestra la complejidad del proceso: el calentamiento del Ártico ha permitido que el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el alce (*Cervus canadensis*) expandan sus territorios hacia el norte, por lo que ahora conviven con el buey almizclero y el caribú. El venado cola blanca y el alce, albergan parásitos que son nuevos para el buey y el caribú, por lo que no tienen una resistencia natural hacia los nuevos parásitos, haciéndolos más susceptibles. Ahora el buey almizclero y el caribú están siendo infectados con nuevos parásitos y, además, están lidiando con una mayor carga parasitaria, debido al incremento de temperatura que favorece el ciclo de vida, lo que amenaza su subsistencia^(49,50).

Enfermedades transmitidas por garrapatas y el cambio climático

Las garrapatas son los vectores transmisores de enfermedades más importantes después de los mosquitos. Son ectoparásitos hematófagos obligados, que se alimentan de la sangre, tanto de animales como de humanos. Esta condición, les da la capacidad de transmitir una gran variedad de patógenos como los virus, bacterias y protozoarios (flavivirus, erlichiosis, anaplasmosis, rickettsiosis, babesiosis, entre otras). Desafortunadamente en México no hay un diagnóstico rutinario de las enfermedades transmitidas por garrapata en animales y personas; sin embargo, la Fiebre manchada causada por *Rickettsia rickettsii* (*R. rickettsii*) en humanos es de notificación obligatoria de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-017-SSA2-2012⁽⁵¹⁾. Así mismo, se estima que existen casos clínicos de pacientes infectados con *Ehrlichia chaffeensis*, *Anaplasma* y *Ehrlichia canis*⁽⁵²⁾. A pesar del riesgo aún no se han podido controlar las infestaciones por garrapatas y, por lo tanto, las enfermedades que éstas transmiten, por lo que en zonas donde se distribuye este vector aún representan un riesgo para la salud humana y animal⁽⁵³⁾. Evidencia reciente señala que el cambio climático tiene un efecto directo o indirecto en las enfermedades transmitidas por garrapata; el aumento de la temperatura impacta su distribución y frecuencia. Además de los efectos por la deforestación, cambio del uso de suelo, entre otros factores; impactan también en los hospederos, los vectores y los patógenos^(54,55).

Algunos estudios en Europa y Estados Unidos de Norteamérica documentaron cambios en la distribución de las garrapatas asociados al cambio climático. En Suecia se ha reportado la expansión de la garrapata *Ixodes ricinus* en gran parte del territorio⁽⁵⁶⁾ pero principalmente en el norte, donde la distribución de la garrapata se duplicó en un 26.8 % en un periodo de 18 años. En otro estudio en Rusia se observó un incremento en la abundancia de *I. ricinus* en la región oriental de ese país⁽⁵⁷⁾.

Las garrapatas del género *Ixodes* son los vectores primarios de la enfermedad de Lyme en Norte América y su distribución depende en gran medida de los cambios climáticos^(58,59). El ambiente abiótico es crucial para su sobrevivencia debido a que gran parte de su ciclo de vida se lleva a cabo en la vegetación; por lo tanto, el clima es un factor determinante de la distribución y establecimiento de las poblaciones de garrapatas^(59,60). La enfermedad de Lyme es la principal zoonosis emergente transmitida por garrapata en Estados Unidos de Norteamérica y Europa. En México los primeros reportes se asociaron a infecciones cercanas a parques de la Ciudad de México, La Marquesa y el Nevado de Toluca, posteriormente se reportaron casos en los estados de Nuevo León y Tamaulipas⁽⁶¹⁾. A la fecha, la distribución de las garrapatas infectadas con *Borrelia burgdorferi*, es muy amplia, abarcando regiones desde la Península de Yucatán y hasta el Norte del país. Por esta razón, se considera que el cambio climático tendrá una gran importancia en la distribución de esta garrapata en futuros años⁽⁶¹⁾.

La temperatura afecta la actividad de ninfas y adultos de garrapata⁽⁶²⁾; por ejemplo, la especie *Ixodes ricinus* puede sobrevivir a temperaturas de 14.4 a 18.9 °C por un periodo de 24 h de exposición. Al considerar el alto grado de tolerancia a las temperaturas, se reflexiona que el cambio climático podría aumentar el nicho de ésta y otras garrapatas en Europa o en zonas cercanas⁽²⁶⁾. Otras especies en cambio, pueden soportar bajas temperaturas, ya que están bien adaptadas a la sobrevivencia a temperaturas bajo cero, como en el caso de *Dermacentor reticulatus*, vector de la babesiosis canina⁽⁶²⁾. De acuerdo con algunos reportes, la adaptación de las garrapatas al cambio climático no será la misma en todas las regiones, dependerá en gran medida de la especie que se trate. A través del modelo de nicho ecológico para *I. ricinus* en Europa se predijo una expansión de hábitat del 3.8 % en todo Europa. La expansión del hábitat abarcaría Escandinavia entre otros y una reducción de hábitats en los Alpes, Italia y una parte de Polonia⁽⁶³⁾. El cambio climático también se espera que afecte la capacidad reproductiva de *Ixodes scapularis*, en Canadá y Estados Unidos de Norteamérica⁽¹⁾. El efecto del cambio climático en zonas tropicales podría perjudicar algunas especies, afectando el hábitat óptimo y obligándolas a colonizar nuevos lugares; de esta forma, se estima que el aumento gradual de la temperatura forzaría a la garrapata tropical *Amblyoma variegatum* a colonizar nuevas zonas donde existe sequía prolongada en Zimbabue⁽⁶⁴⁾.

Existen estudios que correlacionan la presencia de fiebre del mediterráneo con un incremento mediado por el calentamiento global en el aumento de la mordida de las garrapatas en perros⁽⁶⁵⁾. También, en el norte de Rusia se ha implicado al cambio climático como el catalizador para la expansión del hábitat de *Ixodes persulcatus* y la incidencia de encefalitis transmitida por esta garrapata⁽⁶⁶⁾. En contraste, existen estudios donde señalan que, a pesar del cambio climático, la distribución de algunas garrapatas no se verá afectada de manera importante. En un modelo de predicción usando una aproximación de máxima entropía, por datos de correlación geográfica y variables climáticas, se determinó que el hábitat para la distribución de *I. scapularis* infectada con *Borrelia burgdorferi* entre Texas y México debería

permanecer relativamente estable los próximos 33 años⁽³⁰⁾. La contraposición de estos estudios, dan lugar a la controversia sobre si realmente el cambio climático impactará o no a los vectores y las enfermedades que estos transmiten⁽³¹⁾. Otros estudios, por ejemplo, mencionan que indudablemente existen efectos asociados al cambio climático en el incremento de diversas enfermedades. El meta-análisis de más de 200 efectos en 61 especies de parásitos, sugiere que al disminuir la biodiversidad se podrían incrementar las enfermedades humanas y animales, así como disminuir la producción agrícola y forestal⁽⁶⁷⁾. De esta forma, aunque la relación entre la tasa de desarrollo de las garrapatas y la temperatura no es clara aún⁽⁶⁸⁾, es incuestionable la influencia del cambio climático no sólo en la redistribución de los vectores transmisores de enfermedades sino en la vida de cualquier organismo que habita la tierra⁽⁶⁹⁾.

Como una consecuencia a la adaptación de estos vectores a nuevos climas, se estaría potenciando el riesgo a contraer las enfermedades infecciosas transmitidas por estos vectores. La comprensión integral de los efectos climáticos requiere del estudio multidisciplinario que permita el análisis del ecosistema de los patógenos y sus vectores; con el propósito de identificar si tienen potencial para afectar poblaciones humanas y animales bajo un escenario de cambio climático. Es por eso que, en el Laboratorio Nacional de Genómica en Salud en Hidalgo, México (LANGESA), está realizando mapeos para determinar la distribución y frecuencias de los vectores y reservorios que hay en el país. Con esta información, se podrá determinar el impacto del cambio climático en las enfermedades transmitidas por garrapata en México.

Impacto del cambio climático en otras enfermedades

Como se mencionó, diversas enfermedades animales son afectadas por el cambio climático, directa o indirectamente y las enfermedades transmitidas por vectores son las más estudiadas. Sin embargo, enfermedades asociadas a inundaciones o agua estancada como la leptospirosis, ántrax, criptosporidiosis, fasciolosis, entre otras, también requieren especial atención⁽³⁵⁾. En el Cuadro 1, se enlistan algunas de ellas.

Cuadro 1: Principales enfermedades animales afectadas por el cambio climático

Clasificación	Enfermedad	Agente causal	Vector	Zoonosis
Enfermedades transmitidas por vectores	Lengua azul	Virus de la lengua azul (<i>Orbivirus</i>)	Jején del género <i>Culicoides</i>	No
	Peste equina	Virus de la peste equina (<i>Orbivirus</i>)	Jején del género <i>Culicoides</i> . También se ha reportado transmisión ocasional por mosquitos (<i>Culex</i> , <i>Anopheles</i> , <i>Aedes</i> spp.) y garrapatas (<i>Hyalomma</i> , <i>Rhipicephalus</i>).	No
	Fiebre del Valle de Rift	Virus de la fiebre del valle de Rift (<i>Phlebovirus</i>)	Mosquitos (<i>Aedes</i> spp.)	Sí
	Infección por el virus del Nilo Occidental	Virus del Nilo Occidental (<i>Flavivirus</i>)	Mosquitos (<i>Culex</i> spp.)	Sí
	Encefalitis equina venezolana	Virus de la encefalitis equina venezolana (<i>Alphavirus</i>)	Mosquitos (<i>Aedes</i> spp, <i>Culex</i> spp.)	Sí
	Enfermedad de Chagas	<i>Trypanosoma cruzi</i>	Chinches de la subfamilia Triatominae	Sí
	Leishmaniasis	Protozoo del género <i>Leishmania</i>	Flebótomo del género <i>Lutzomyia</i>	Sí
	Babesiosis	Protozoo del género <i>Babesia</i>	Garrapatas del género Ixodes	Sí
	Dirofilariosis	Nematodo <i>Dirofilaria immitis</i>	Mosquitos (<i>Aedes</i> , <i>Anopheles</i> , <i>Culex</i>)	Sí
	Enfermedad de Lyme	Bacteria <i>Borrelia burgdorferi</i>	Garrapatas del género <i>Ixodes</i>	Sí

Enfermedades asociadas a inundaciones o agua estancada	Ántrax	Bacteria, <i>Bacillus anthracis</i>	No aplica	SÍ
	Leptospirosis	Bacteria, <i>Leptospira interrogans</i>	No aplica	Sí
	Criptosporidiosis	Coccidia, <i>Cryptosporidium</i> spp.	No aplica	Sí
	Fasciolosis	Trematodo, <i>Fasciola hepatica</i>	Caracoles del género <i>Lymnaea</i>	Sí

Fuente: Adaptado de diversos autores^(27,29-36).

La lista de enfermedades en el cuadro 1, pretende resumir las enfermedades que por su impacto en la salud pública y pecuaria merecen especial atención. El incremento de temperatura, humedad y lluvias puede aumentar la prevalencia de las enfermedades transmitidas por vectores. Empero, existen otras enfermedades que pueden generar brotes epidémicos asociados al aumento de humedad por lluvias excesivas o inundaciones⁽⁴⁸⁾. La temperatura, humedad relativa y humedad del suelo favorecen la germinación de las esporas de ántrax; mientras que las lluvias fuertes pueden activarlas. Los brotes de ántrax se han asociado con la alternancia de lluvias fuertes, sequías y altas temperaturas^(39,70). La leptospirosis y criptosporidiosis son enfermedades con potencial epidémico después de lluvias fuertes⁽⁷¹⁾. Finalmente, la prevalencia de enfermedades de distribución mundial como la haemoncosis y fasciolosis pueden verse aumentadas; las larvas de *Haemonchus contortus* pueden sobrevivir por meses en la tierra en condiciones apropiadas de temperatura y humedad. Así mismo, la formación de charcos o cuerpos de agua y el incremento de lluvias favorecen la sobrevivencia del caracol transmisor de *Fasciola hepática*. Estas enfermedades causan significantes pérdidas económicas, debido a la disminución en parámetros productivos del ganado. Aunado a esto, se prevé que el aumento de prevalencia de estas enfermedades favorezca el desarrollo de resistencia a antiparasitarios, dificultando así su control.

Conclusiones

La influencia humana en el calentamiento global es clara; los recientes cambios climáticos exigen replantear la forma como se está conduciendo el sector pecuario e implementar sistemas más sostenibles que mantengan la resiliencia del sistema ganadero; de esta forma se mejora el abastecimiento de productos y servicios derivados de esta industria, disminuyendo el impacto en el ambiente y, por ende, en la emergencia y reemergencia de enfermedades

animales y humanas. Esto implica un reto muy importante para los países en desarrollo que aún tienen pendiente, entre otras cosas, la reducción de la pobreza en la que vive una parte importante de su población. Por lo tanto, es claro que las intervenciones tendientes a promover y facilitar la adaptación al cambio climático no deben de estar desligadas de las intervenciones sociales, culturales y sanitarias.

Literatura citada:

1. Ogden NH, Lindsay LR. Effects of climate and climate change on vectors and vector-borne diseases: Ticks are different. *Trends Parasitol* 2016;32(8):646-656. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2016.04.015>
2. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. México 2017. <http://documentacion.ideam.gov.co/cgibin/koha/opacdetail.pl?biblionumber=38147>.
3. Patz JA, Epstein PR, Burke TA, Balbus JM. Global climate change and emerging infectious diseases. *JAMA*, 1996;275(3):217-223.
4. Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir TE, et al. White LL. (eds.). IPCC: Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press; 2014.
5. Rosenzweig C, Hillel D. Climate change and the global harvest: potential impacts of the greenhouse effect on agriculture. Oxford University Press; 1998:324.
6. Seinfeld JH, Pandis SN. Atmospheric chemistry and physics from air pollution to climate change. New York. John Wiley and Sons, Incorporated; 1998.
7. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Naciones Unidas. 1998.
8. Hansen JE, Sato M. Trends of measured climate forcing agents. *Proc Nat Acad Sci. United States of America* 2001;98(26):14778-14783.
9. Watson RT, Rodhe H, Oeschger H, Siegenthaler U. Greenhouse gases and aerosols. In: *Climate change: the IPCC Scientific Assessment*. Houghton JT, *et al*, editors. Cambridge: Cambridge University Press; 1990.
10. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2016. <https://www.ipcc.ch/>. Consultado 10 Feb, 2017.

11. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y su Protocolo de Kioto. (CMNUCC) <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico-y-su-protocolo-de-kioto-cmnucc?idiom=es> Consultado 7 Feb, 2017.
12. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. La ganadería a examen. Estado mundial de la agricultura y la alimentación. Roma. 2009. <http://www.fao.org/docrep/012/i0680s/i0680s.pdf>.
13. OMM (Organización Meteorológica Mundial). 2015. Boletín sobre los gases de efecto invernadero. <https://www.wmo.int/media/es/content/las-concentraciones-de-gases-de-efecto-invernadero-vuelven-batir-un-r%C3%A9cord>. Consultado 4 Feb, 2017.
14. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones. Roma. 2009. <http://www.fao.org/docrep/011/a0701s/a0701s00.htm>.
15. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Tackling Climate Change Through Livestock. A global assessment of emissions and mitigation opportunities Roma. 2013. <http://www.fao.org/docrep/018/i3437e/i3437e00.htm>.
16. Grain. Campo y crisis climática. Soberanía Alimentaria. Biodiversidad y Culturas. Barcelona. 2010.
17. Barbier EB. Agricultural expansion, resource booms and growth in Latin America: Implications for long-run economic development. *World Develop* 2004;32(1):137-157.
18. Oyhantçabal W, Vitale E, Lagarmilla P. El cambio climático y su relación con las enfermedades animales y la producción animal. En: Compendio de los temas técnicos presentados ante la Asamblea mundial de los delegados o a las Comisiones regionales de la OIE–2009, Paris: Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE); 2010:169-177.
19. Lorente-Saiz A. Ganadería y cambio climático: una influencia recíproca. *GeoGraphos. Revista Digital para Estudiantes de Geografía y Ciencias Sociales* 2010;1(3):1-22. <http://web.ua.es/revista-geographos-giecryal>.
20. Bravo-Ortega C, Lederman D. Agriculture and national welfare around the world: Causality and international heterogeneity since 1960. World Bank Policy Research Working Paper. 2005.
21. Ardila A, Wilson V. El sector pecuario frente al cambio climático: una realidad incómoda. *Rev Cienc Anim* 2012;(5):107-120.

22. Oswald Ú. Cambio climático, conflictos sobre recursos y vulnerabilidad social. En Delgado GC, Gay C (coordinadores). México frente al cambio climático. Retos y oportunidades, UNAM, México. 2010:51-83.
23. IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland. 2014. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>
24. Fischer G, Shah M, Tubiello FN, Van-Velhuizen H. Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences 2005;360(1463):2067-2083. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1744>.
25. Mendelsohn R. The impact of climate change on agriculture in developing countries. J Nat Resour Policy Res 2008;1(1):5-19. <https://doi.org/10.1080/19390450802495882>
26. Porretta D, Mastrantonio V, Amendolia S, Gaiarsa S, Epis S, Genchi C, et al. Effects of global changes on the climatic niche of the tick *Ixodes ricinus* inferred by species distribution modelling. Parasites & Vectors 2013;(6):271. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-271>.
27. Lubroth J. Climate change and animal health. En: FAO: Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector. Roma. 2012:63-70.
28. King L. What is one health and why is it relevant to food safety? Workshop Improving Food Safety Through One Health, Forum on Microbial Threats; Washington, DC: Institute of Medicine; 2011.
29. Black P, Nunn M. Repercusiones de los cambios climáticos y medioambientales en las enfermedades animales emergentes y reemergentes y en la producción animal. Conf. OIE 2009:27-39.
30. Feria-Arroyo TP, Castro-Arellano I, Gordillo-Pérez G, Cavazos AL, Vargas-Sandoval M, Grover A, et al. Implications of climate change on the distribution of the tick vector *Ixodes scapularis* and risk for Lyme disease in the Texas-Mexico transboundary region. Parasites & Vectors 2014:7-199. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-199>
31. Gilbert L. Altitudinal patterns of tick and host abundance: a potential role for climate change in regulating tick-borne diseases? Oecologia 2010;162 (1):217-225. <https://doi.org/10.1007/s00442-009-1430-x>
32. Shuman EK. Global climate change and infectious diseases. New England J Medicine 2010;362(12):1061-1063. <https://doi.org/10.1056/NEJMp0912931>

33. Shope R. Global climate change and infectious diseases. *Environmental Health Perspectives* 1991;(96):171-174.
34. McBean G. Climate change: Global risks, challenges and decisions. *Eos Trans. AGU*, 2012;93(18):182.
35. Colwell DD, Dantas-Torres F, Otranto D. Vector-borne parasitic zoonoses: emerging scenarios and new perspectives. *Vet Parasitol* 2011;182(1):14-21. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.07.012>.
36. Mills JN, Gage KL, Khan AS. Potential influence of climate change on vector-borne and zoonotic diseases: a review and proposed research plan. *Environment Health Perspect* 2010;118(11):1507-1514. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901389>
37. Cumming GS. Comparing climate and vegetation as limiting factors for species ranges of African ticks. *Ecology* 2002;83(1):255-268. <https://doi.org/10.2307/2680136>.
38. Wu X, Lu Y, Zhou S, Chen L, Xu B. Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environment Int* 2015;86:14-23.
39. Rossati A. Global warming and its health impact. *Int J Occupat Environment Med* 2017;8(1-963):7-20.
40. Baylis M, Githeko AK. The effects of climate change on infectious diseases of animals. Report for the Foresight Project on Detection of Infectious Diseases, Department of Trade and Industry. UK: UK Government. 2006.
41. Brault AC, Powers AM, Ortiz D, Estrada-Franco JG, Navarro-Lopez R, Weaver SC. Venezuelan equine encephalitis emergence: enhanced vector infection from a single amino acid substitution in the envelope glycoprotein. *Proc Nat Acad Sci. United States of America* 2004;101(31),11344-11349. <https://doi.org/10.1073/pnas.0402905101>.
42. Gale P, Drew T, Phipps LP, David G, Wooldridge M. The effect of climate change on the occurrence and prevalence of livestock diseases in Great Britain: a review. *J Appl Microbiol* 2009;106(5):1409-1423. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2008.04036.x>
43. Lindahl JF, Grace D. The consequences of human actions on risks for infectious diseases: a review. *Infection Ecology & Epidemiology* 2015;5. <https://doi.org/10.3402/iee.v5.30048>
44. Forrest HL, Webster RG. Perspectives on influenza evolution and the role of research. *Anim Health Res Rev* 2010;11(1):3-18. <https://doi.org/10.1017/S1466252310000071>
45. Thornton PK, Steeg J, Van de Notenbaert A, Herrero M. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know

- and what we need to know. *Agric Syst* 2009;01(3):113-127. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2009.05.002>
46. Dantas-Torres F, Figueredo LA, Otranto D. Seasonal variation in the effect of climate on the biology of *Rhipicephalus sanguineus* in southern Europe *Parasitology* 2011;138(4): 527-536. <https://doi.org/10.1017/S0031182010001502>
 47. Estrada-Peña A, Gray JS, Kahl O, Lane RS, Nijhof AM. Research on the ecology of ticks and tick-borne pathogens--methodological principles and caveats. *Frontiers Cellular Infection Microbiol* 2013;3:29. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2013.00029>
 48. Jore S, Vanwambeke SO, Viljugrein H, Isaksen K, Kristoffersen AB, Woldehiwet Z, et al. Climate and environmental change drives *Ixodes ricinus* geographical expansion at the northern range margin. *Parasites & Vectors* 2014;7:11. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-11>
 49. Gallana M, Ryser-Degiorgis MP, Wahli T, Segner H. Climate change and infectious diseases of wildlife: Altered interactions between pathogens, vectors and hosts. *Current Zoology* 2013;59(3):427-437. <https://doi.org/10.1093/czoolo/59.3.427>
 50. Black PF, Butler CD. One Health in a world with climate change. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)* 2014;33(2):465-473.
 51. Norma Oficial Mexicana NOM-017-SSA2-2012, para la vigilancia epidemiológica.
 52. Sosa-Gutiérrez CG, Solórzano-Santos F, Walker DH, Torres J, Serrano CA, Gordillo-Pérez G. Fatal monocytic ehrlichiosis in woman, México, 2013. *Emerg Infect Diseases* 2016;22(5):871-874. <https://doi.org/10.3201/eid2205.151217>
 53. De la Fuente J, Kocan KM. Strategies for development of vaccines for control of ixodid tick species. *Parasite Immunol* 2006;28(7):275-283. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3024.2006.00828.x>
 54. Parham PE, Waldock J, Christophides GK, Hemming D, Augusto F, Evans KJ, et al. Climate, environmental and socio-economic change: weighing up the balance in vector-borne disease transmission. *Philosoph Transact Royal Soc of London. Series B, Biological Sci* 2015;370:(1665). <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0551>
 55. Medlock JM, Leach SA. Effect of climate change on vector-borne disease risk in the UK. *Lancet Infectious Diseases* 2015;15(6):721-730. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(15\)70091-5](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(15)70091-5).
 56. Jaenson TG, Hjertqvist M, Bergström T, Lundkvist Å. Why is tick-borne encephalitis increasing? A review of the key factors causing the increasing incidence of human TBE

- in Sweden(a). *Parasites & Vectors* 2012;5:184. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-184>
57. Korotkov Y, Kozlova T, Kozlovskaya L. Observations on changes in abundance of questing *Ixodes ricinus*, castor bean tick, over a 35-year period in the eastern part of its range (Russia, Tula region). *Med Vet Entomol* 2015;29(2):129-136. <https://doi.org/10.1111/mve.12101>
 58. Dennis DT, Nekomoto TS, Victor JC, Paul WS, Piesman J. Reported distribution of *Ixodes scapularis* and *Ixodes pacificus* (Acari: Ixodidae) in the United States. *J Medic Entomol* 1998;35(5):629-638.
 59. Bertrand MR, Wilson ML. Microclimate-dependent survival of unfed adult *Ixodes scapularis* (Acari:Ixodidae) in nature: life cycle and study design implications. *J Medic Entomol* 1996;33(4):619-627.
 60. Fish D. Population ecology of *Ixodes damini*. In: Ecology and environmental management of Lyme disease. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press; 1993:25-42.
 61. Gordillo-Pérez G, Vargas M, Solórzano-Santos F, Rivera A, Polaco OJ, Alvarado L, et al. Demonstration of *Borrelia burgdorferi sensu stricto* infection in ticks from the northeast of Mexico. *Clinical Microbiol Infection: European Soc Clinical Microbiol Infect Diseases* 2009;15(5):496-498 <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2009.02776.x>
 62. Medlock JM, Hansford KM, Bormane A, Derdakova M, Estrada-Peña A, George JC, et al. Driving forces for changes in geographical distribution of *Ixodes ricinus* ticks in Europe. *Parasites & Vectors* 2013;6(1):1. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-1>
 63. Boeckmann M, Joyner, TA. Old health risks in new places? An ecological niche model for *I. ricinus* tick distribution in Europe under a changing climate. *Health & Place* 2001;30:70-77. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2014.08.004>.
 64. Estrada-Peña A, Horak IG, Petney T. Climate changes and suitability for the ticks *Amblyomma hebraeum* and *Amblyomma variegatum* (Ixodidae) in Zimbabwe (1974-1999). *Vet Parasitol* 2008;151(2-4):256-267. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.11.014>
 65. Parola P, Socolovschi C, Jeanjean L, Bitam I, Fournier PE, Sotito A, et al. Warmer weather linked to tick attack and emergence of severe rickettsioses. *PLoS Negl Trop Dis*. 2008;2(11):e338.
 66. Tokarevich NK, Tronin AA, Blinova OV, Buzinov RV, Boltenkov VP, Yurasova ED, Nurse J. The impact of climate change on the expansion of *Ixodes persulcatus* habitat

- and the incidence of tick-borne encephalitis in the north of European Russia. *Glob Health Action*. 2011;4:8448. doi: 10.3402/gha.v4i0.8448.
67. Civitello DJ, Cohen J, Fatima H, Halstead NT, Liriano J, McMahon TA, et al. Biodiversity inhibits parasites: Broad evidence for the dilution effect. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2015;112(28):8667-71. Doi: 10.1073/pnas.1506279112.
 68. Estrada-Peña A, Ayllon N, De la Fuente J. Impact of climate trends on tick-borne pathogen transmission. *Frontiers Physiol* 2012;3:64. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00064>
 69. Shevenell AE, Ingalls AE, Domack EW, Kelly C. Holocene Southern ocean surface temperature variability west of the Antarctic Peninsula. *Nature* 2011; 470(7333):250-254. <https://doi.org/10.1038/nature09751>
 70. Parker R. Anthrax and livestock. Guide B-120. En Cooperative Extension Service, College of Agriculture and Home Economics. Las Cruces, Nuevo Mexico. University of New Mexico. 2002.
 71. McMichael AJ. Extreme weather events and infectious disease outbreaks. *Virulence* 2015;6(6):543-547. <https://doi.org/10.4161/21505594.2014.975022>