

Cambio climático en España y su influencia en las enfermedades de transmisión vectorial

Climate Change in Spain and its Influence on Vector-Transmitted Diseases

Alterações climáticas em Espanha e a sua influência nas doenças de transmissão vetorial

Andrés Iriso Calle¹, Rubén Bueno Marí², Eusebio de las Heras³, Javier Lucientes⁴, Ricardo Molina⁵

¹ Sección de Zoonosis y Riesgos Biológicos. Dirección General de Salud Pública. Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid. Madrid.

² Departamento de Investigación y Desarrollo (I+D). Laboratorios Lokimica. Catarroja, Valencia.

³ Naturalia Naturaleza Urbana, S.A. San Sebastián de los Reyes, Madrid.

⁴ Departamento de Patología Animal. Instituto Agroalimentario de Aragón IA2. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.

⁵ Laboratorio de Entomología Médica. Servicio de Parasitología. Centro Nacional de Microbiología. Instituto de Salud Carlos III. Majadahonda, Madrid.

Cita: Iriso Calle A, Bueno Marí R, De las Heras E, Lucientes J, Molina R. Cambio climático en España y su influencia en las enfermedades de transmisión vectorial. Rev. salud ambient. 2017; 17(1):70-86.

Recibido: 17 de abril de 2017. **Aceptado:** 11 de mayo de 2017. **Publicado:** 15 de junio de 2017.

Autor para correspondencia: Andrés Iriso Calle.

Correo e: andres.iriso@salud.madrid.org

Dirección General de Salud Pública. Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid. Ronda de Segovia 52. 28005 Madrid.

Financiación: Este grupo no ha contado con ningún tipo de financiación para el desarrollo de su trabajo.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y la preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final.

Resumen

En las últimas décadas se ha producido en España un resurgimiento de algunas enfermedades transmitidas por vectores, que se creían bajo control, y también la aparición de otras nuevas. Asimismo, la llegada de nuevos vectores, su implantación y expansión en algunos casos, está generando nuevos riesgos para la salud pública. Estos fenómenos han estado, en general, asociados a cambios ecológicos y climáticos complejos que han favorecido e incrementado las densidades de los vectores y de sus reservorios, pero en los que también han incidido procesos propiciados o acelerados por el hombre como la globalización, la urbanización, la deforestación y la modificación de los usos del suelo.

Los cambios en la distribución de los vectores y en su capacidad para transmitir patógenos debido al cambio climático van a ser más evidentes en las zonas en las que los vectores se encuentran en el límite de su distribución como es el caso de España. A esto se añade la cercanía de África y la posible entrada de nuevos vectores y patógenos procedentes de este continente. Ante este escenario es preciso establecer programas de acción dirigidos tanto a la identificación de los riesgos y la prevención de las enfermedades vectoriales como a la gestión eficaz de los posibles brotes que se puedan producir en el futuro.

Se realiza una revisión en el ámbito nacional de los escenarios que se prevén en relación con el cambio climático y su impacto en la incidencia de enfermedades transmitidas por mosquitos, flebotomos, garrapatas, otros artrópodos y roedores.

Palabras clave: arbovirosis; cambio climático; cambio global; enfermedades emergentes; especies invasoras; flebotomos; garrapatas; mosquitos; roedores; vectores; zoonosis; España.

Abstract

In the past few decades Spain has experienced a resurgence of some vector-transmitted diseases which were thought to be under control and the appearance of new ones. Likewise, the arrival of new vectors and, in some cases, their establishment and

expansion is creating new public health risks. In general, these phenomena have been associated with complex ecological and climate-driven changes which have favored and increased the densities of vectors and their reservoirs, but they have also been affected by processes that have been triggered or accelerated by man such as globalization, urban development, deforestation and land-use changes.

Changes in the distribution of vectors and their capacity to transmit pathogens owing to climate change will become more evident in areas that lie within their distribution limits, as is Spain's case. This is compounded by Spain's proximity to Africa and the potential entry of new vectors and pathogens from this continent. This scenario necessitates setting up action programs aimed at both identifying risks posed by vectors and preventing vector-borne diseases, and efficiently managing possible outbreaks that could occur in the future.

We have reviewed the scenarios which Spain is expected to experience in connection with climate change and its impact on the incidence of diseases transmitted by mosquitoes, phlebotomine sand flies, ticks and other arthropods, and rodents.

Keywords: arbovirosis; climate change; global change; emerging diseases; invasive species; phlebotominae; ticks; mosquitoes; rodents; vectors; zoonosis; Spain.

Resumo

Nas últimas décadas verificou-se em Espanha o aparecimento de novas doenças transmitidas por vetores e a reemergência de algumas doenças que se julgavam controladas. Além disso, a chegada de novos vetores, e o seu estabelecimento e expansão em alguns casos, representa novos riscos para a saúde pública. Estes fenómenos têm estado, em geral, associados a alterações ecológicas e climáticas complexas que têm favorecido e aumentado a densidade dos vetores e dos seus reservatórios, com influência de processos propiciadores ou aceleradores de origem antropogénica como a globalização, a urbanização, a desflorestação e a modificação do uso do solo.

As mudanças na distribuição dos vetores e na sua capacidade de transmitir agentes patogénicos devido às alterações climáticas serão mais evidentes nas zonas em que os vetores se encontram no limite da sua distribuição como é o caso de Espanha. A isto acresce a proximidade de África e a possível entrada de novos vetores e agentes patogénicos procedentes deste continente. Perante este cenário é necessário estabelecer programas de ação dirigidos tanto à identificação dos riscos e à prevenção das doenças vectoriais como à gestão eficaz dos possíveis surtos que possam ocorrer no futuro.

Neste trabalho realiza-se uma revisão dos cenários nacionais que se preveem no que concerne às alterações climáticas e ao seu impacto na incidência de doenças transmitidas por mosquitos, flebotomos, carraças, outros artrópodes e roedores.

Palavras-chave: arbovírus; alterações climáticas; alterações globais; doenças emergentes; espécies invasoras; flebotomos; carraças; mosquitos; roedores; vetores; zoonoses; Espanha.

INTRODUCCIÓN

a. CLIMA Y VECTORES

Los vectores son, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), todo insecto u otro animal que normalmente sea portador de un agente infeccioso que constituya un riesgo para la salud pública¹. En una definición más restringida del término estaríamos refiriéndonos a artrópodos que se alimentan de sangre y que transmiten de forma activa patógenos entre hospedadores.

Los artrópodos son animales ectotérmicos que se encuentran dentro de lo que habitualmente denominamos animales de sangre fría o poiquilotermos. Son animales cuyo metabolismo no les permite mantener una temperatura constante con la que realizar sus actividades básicas. Dependen por lo tanto de forma

directa de la temperatura ambiente para regular sus funciones vitales. Aunque varía de unos artrópodos a otros, básicamente, las temperaturas por debajo de 0 °C y por encima de 40 °C les resultan letales, mientras que temperaturas comprendidas entre los 20 ° y 30 °C son las más adecuadas para sus actividades. Las temperaturas por debajo de 10 ° - 12 °C enlentecen su metabolismo y por lo tanto su capacidad de movimiento, la digestión de alimento o incluso su capacidad de reproducirse.

Es por ello que la temperatura ambiente influye directamente en todos los aspectos de su ciclo vital y por lo tanto el cambio climático junto con el cambio global en el que este se engloba, puede modificar de forma importante todos los procesos vitales de estos animales. No solo la temperatura influye sobre los vectores, también los patógenos que transmiten están condicionados por la temperatura para su multiplicación de tal manera que esta influye no solo sobre aquellos sino también en su

relación con virus, bacterias y parásitos.

El cambio climático está originando un aumento medio de las temperaturas anuales, mucho más acusado en las temperaturas invernales. Este aumento de las temperaturas en el invierno está influyendo de forma importante en varios aspectos relevantes, en primer lugar disminuye la mortalidad invernal, al ser cada vez menos frecuentes temperaturas sostenidas por debajo de 0 °C durante un periodo de tiempo suficiente para afectar a la supervivencia de poblaciones de vectores, propiciando que las primeras generaciones que superan la fase invernal sean más numerosas. Al ser los inviernos más cortos se adelanta el inicio de su presencia y se retrasa su entrada en letargo, aumentando considerablemente su periodo de actividad, haciendo posible que presenten más generaciones en ese tiempo.

De forma simultánea se puede favorecer el periodo de multiplicación de los patógenos en los vectores adelantando el inicio de la transmisión pero sobre todo existe un aumento del riesgo al final de la época de actividad al existir un porcentaje más elevado de hembras infectadas.

Su metabolismo se ve aumentado por lo que sus funciones vitales se aceleran facilitando la digestión de la sangre, acortando el periodo de maduración y puesta de huevos, permitiendo que las hembras puedan alimentarse más veces a lo largo de su vida e incrementando el riesgo de la transmisión de enfermedades.

El aumento de la temperatura favorece que los patógenos se multipliquen más rápidamente en los vectores acortando el periodo de incubación extrínseco dentro del vector y permitiendo que puedan ser transmitidos más veces en su corto periodo de vida.

La temperatura de multiplicación de los patógenos en sus vectores depende de cada patógeno. Debido al proceso de globalización es fácil que otros patógenos adaptados a temperaturas más elevadas puedan encontrar condiciones adecuadas de multiplicación si son introducidos en países hasta ahora considerados libres de ellos. O incluso adaptarse a nuevos vectores desconocidos hasta el momento de estos países^{2,3}. Pero también puede darse el fenómeno inverso.

Temperaturas comprendidas entre los 0 °C y 10 °C ralentizan la actividad de los vectores pero no los matan, pudiendo permanecer muchos de ellos en un estado de diapausa durante meses. Se da la circunstancia de que vectores infectados a finales del otoño o comienzos del invierno en los que, al darse las temperaturas adecuadas el patógeno haya podido multiplicarse, si estas descienden,

el vector puede pasar a ese estado de letargo invernal. Cuando vuelvan a subir las temperaturas en primavera y entren de nuevo en actividad pueden transmitirlo meses después, aunque no haya casos de la enfermedad en invierno. Es lo que se denomina el "overwintering"⁴.

Los escenarios previstos con el cambio climático son que disminuya la cantidad de lluvia pero que aumenten los fenómenos adversos como lluvias torrenciales con inundaciones. Este último fenómeno amplifica de forma importante los hábitats de cría de muchas especies sobre todo las que dependen del agua directamente para criar como son los mosquitos verdaderos (Diptera: Culicidae) que rápidamente colonizan las nuevas zonas desde hábitats permanentes, acortando sus ciclos acuáticos por el incremento de las temperaturas, favoreciendo el aumento de las molestias por picaduras y la transmisión de enfermedades.

Este aumento de temperaturas también tiene un aspecto positivo y es que se acelera el metabolismo de los artrópodos, que envejecen de forma más rápida y mueren también antes. Es decir su vida media puede disminuir pero lo compensan con un incremento de sus poblaciones y de su capacidad vectorial. Algunas especies encuentran dificultad para desarrollarse en zonas más áridas pudiendo llegar a desaparecer pero se ha comprobado, en algunas especies de mosquitos que transmiten la malaria o de moscas tsé-tsé que transmiten las tripanosomiasis africanas, que este nicho que dejan vacío es rápidamente ocupado por otras especies adaptadas a ambientes más secos. Por lo que no se interrumpe la transmisión de las enfermedades⁵.

El aumento de la temperatura está favoreciendo que algunas especies que crían en ambientes más cálidos estén colonizando nuevas zonas ya sea tanto en altitud como en latitud y se está observando cómo ocupan zonas de montaña o están apareciendo en países más al norte de su distribución habitual⁶. También permite que la multiplicación de patógenos se acorte, facilitando la aparición de enfermedades donde antiguamente había vectores que no podían transmitir patógenos porque la temperatura de multiplicación del patógeno en el vector no era la adecuada.

b. CAMBIOS EN EL CLIMA EN ESPAÑA. ESCENARIOS PARA EL FUTURO

En España entre 1970 y 2000 se ha producido una elevación general de la temperatura media anual, de 1,53 °C, siendo el calentamiento más evidente en invierno. También se ha comprobado un descenso de las precipitaciones sobre todo invernales aunque no tan significativo como el de las temperaturas. Se ha producido un descenso de días al año de nieves de un 41 % y un

incremento significativo de los días de temperaturas máximas superiores a 25 °C, indicador de tendencias de olas de calor. Incluso en zonas más extremas como en los Pirineos se ha registrado un incremento de la temperatura media de 1,2 °C. En los escenarios previstos para este siglo XXI se prevé un incremento de 0,4 °C por década en invierno y de 0,6 a 0,7 °C en verano⁷.

Existen varios ejemplos en nuestro país que ilustran un aumento del área de distribución de determinados vectores asociado a este incremento de la temperatura. Por ejemplo el ceratopogónido *Culicoides imicola*, que es el vector más importante de enfermedades víricas del ganado como la lengua azul o el virus de la peste equina africana. Hasta 1960 estaba restringido al cuadrante suroeste de la Península llegando al sur de la provincia de Madrid. En el año 2000 se descubrió que había colonizado las Islas Baleares. En 2005 se detectó en algunas localidades cerca de la costa en Cataluña y en la actualidad ocupa una zona mucho más amplia llegando por el oeste hasta Salamanca y al sur de Galicia. Está presente en toda Andalucía y puntualmente llega hasta Alicante. Por el norte tiene poblaciones dispersas en el valle del Ebro e incluso hay capturas repetidas en País Vasco⁸. Un fenómeno parecido ha ocurrido en Francia colonizando desde la costa mediterránea hasta el sur de Suiza⁹.

Otro ejemplo lo tenemos en los vectores de la leishmaniosis, pequeños dípteros del género *Phlebotomus*. Tradicionalmente la enfermedad estaba presente prácticamente en toda la Península Ibérica excepto una franja en el norte que comprendía las provincias que miran al Cantábrico. Esto era debido a la ausencia de los vectores apropiados, *Phlebotomus perniciosus* y *Phlebotomus ariasi*. En estos momentos ya se ha detectado *Leishmania infantum* en ambientes rurales de estas provincias^{10,11} y, aunque todavía en densidades pequeñas, los vectores se han capturado en todas ellas.

Algo parecido ocurre en los Pirineos, donde se ha comprobado que la presencia de estos vectores ha aumentado en altitud y se han encontrado casos autóctonos de leishmaniosis canina en localidades pirenaicas de Huesca y Lérida por encima de los 1300 metros donde nunca se había diagnosticado¹². En algunas zonas de los Pirineos centrales ya estaba presente el vector pero no había casos de leishmaniosis porque estos vectores presentaban periodos de actividad cortos que no permitían el desarrollo del parásito entre dos ingestas de sangre lo que impedía la aparición de la enfermedad. Sin embargo, en estos momentos, en los que ya se ha detectado una transmisión autóctona, todo indica que el incremento de las temperaturas medias, no solo ha

permitido la colonización de nuevos ambientes por estas especies, sino que también se ha ampliado su periodo de actividad permitiendo la transmisión en estos lugares hasta hace poco indemes.

C. ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR MOSQUITOS

El cambio climático es un fenómeno de gran relevancia en la emergencia y reemergencia de enfermedades transmitidas por vectores, pero a su vez es también un elemento más dentro de un concepto más amplio que denominamos cambio global, como se señaló antes. Este cambio global, incluye no solo aspectos de índole climático, sino también otros también relacionados directamente con la actividad antrópica, como la globalización, la modificación de hábitats (deforestación, crecimiento exacerbado de las ciudades, etc.), cambio en el uso del suelo, la pérdida de biodiversidad o el incremento de la densidad humana en nichos muy concretos, que no son capaces de amortiguar el impacto de tanta población, tal y como está sucediendo en algunas de nuestras urbes en los últimos años. Probablemente, los vectores que mejor están explotando estos condicionantes para diseminar decenas de enfermedades diferentes en nuestro planeta, son los mosquitos pertenecientes a la familia de los culícidos.

c.1. El binomio entre los aedinos invasores y las arbovirosis urbanas (dengue, Zika, chikungunya y fiebre amarilla)

En relación con los vectores, sin duda la mayor preocupación hoy en día en Europa y también en España, gira en torno a la posible llegada, establecimiento, expansión y rol vectorial de los mosquitos aedinos exóticos invasores que están llegando al viejo continente^{13,14}. Especies como *Aedes atropalpus* o *Aedes triseratus* se han detectado ocasionalmente en Europa a través de cargamentos de neumáticos procedentes de EE.UU., y otras como *Aedes japonicus* o *Aedes koreicus* han llegado incluso a establecerse y expandirse por Centroeuropa, encontrando en algunos países como Bélgica, Suiza o Alemania, territorios climáticamente óptimos para su desarrollo.

No obstante, dos especies polarizan el interés de las autoridades sanitarias por su riesgo vectorial. Una de ellas es *Aedes aegypti*. Esta especie, reconocida como el principal vector a nivel mundial de arbovirosis como el dengue, Zika, chikungunya o fiebre amarilla, fue frecuente hasta mediados del siglo XX en la mitad sur del continente europeo, básicamente en puntos próximos al Mediterráneo. En España su presencia fue determinada fundamentalmente en provincias costeras como Huelva,

Cádiz, Málaga, Granada, Murcia, Alicante, Tarragona o Barcelona^{15,16}. Por motivos todavía no consensuados a nivel científico, pero probablemente vinculados a la disminución de sus poblaciones por la intensificación de las campañas antipalúdicas, el intensivo uso de pesticidas en agricultura, los tratamientos intradomiciliarios y el empleo de DDT, la reducción de su reintroducción desde navíos procedentes de África y América y la compleja adaptación climática de las cepas importadas, la especie se erradicó de Europa durante varias décadas. No obstante, fruto de la globalización y probablemente también del cambio climático, la especie ha vuelto a reintroducirse en el último decenio en el archipiélago de Madeira (protagonizando incluso allí un importante brote de dengue) así como en el sur de Rusia, desde donde se ha extendido a Georgia y el noreste de Turquía.

Pero sin duda la principal preocupación está representada por *Aedes albopictus*, vector secundario de las mismas arbovirosis mencionadas con anterioridad para *Ae. aegypti*. La especie *Ae. albopictus*, comúnmente conocida como mosquito tigre, supone además un riesgo actual y ya constatable para la diseminación de arbovirosis en el área del Mediterráneo por su fuerte grado de implantación en este territorio. Pese a que la globalización y el transporte de mercancías están detrás del desplazamiento intercontinental de la especie, el cambio climático es un factor muy relevante en su establecimiento local definitivo en las áreas de nueva llegada. Muchos autores vinculan claramente el cambio climático con los modelos de expansión del mosquito tigre, tanto a nivel predictivo para el futuro, como para explicar estudios retrospectivos de cómo ha ido colonizando diferentes territorios en los últimos decenios^{17,18}. El incremento de temperaturas se relaciona directamente con las posibilidades de supervivencia de estos mosquitos originariamente tropicales, puesto que la temperatura media en la época invernal, período desfavorable para el desarrollo de los insectos, debe ser suficientemente elevada para que los huevos invernantes de *Ae. albopictus* se mantengan viables y puedan eclosionar en primavera con el ascenso térmico e hidratación proveniente de precipitaciones o inundaciones antrópicas de los pequeños focos de cría. Pero a medida que han ido colonizando áreas del planeta cada vez más frías los huevos han desarrollado paulatinamente adaptaciones insólitas a las temperaturas extremas, pues son capaces de conservar su viabilidad durante inviernos en los que se produzcan heladas puntuales de -10 °C. Mucho se ha publicado acerca de las isoterms invernales que modularían los patrones de distribución de la especie, no obstante cabe resaltar un elemento adicional e inherente al mosquito tigre que es un factor explicativo clave también en las

modificaciones de estos patrones: su elevada plasticidad genética, fisiológica y ecológica. Pese a que las isoterms puedan indicar que un territorio no es adecuado para el establecimiento del mosquito tigre, la especie puede modificar ligeramente sus hábitos y buscar enclaves adecuados en dichos territorios, como por ejemplo hábitats intradomiciliarios, conducciones subterráneas, estaciones de metro en ciertas urbes, etc. Además, incluso en el sur de Europa se han descrito episodios de actividad hematofágica y ovipositoria en plenos meses invernales, como por ejemplo en la provincia de Murcia¹⁹. Estas evidencias podrían relacionarse con la "tropicalización" de estos territorios del sur del Mediterráneo, puesto que la especie aquí está modificando su comportamiento de pausa invernal, típico de ambientes de clima templado, por el de actividad continua, si bien atenuada en ciertos períodos, a lo largo de todo el año tal y como exhibe en sus hábitats originarios de zonas próximas a los trópicos.

Consecuentemente, tener un vector con una ventana temporal de actividad más amplia, fruto del cambio climático, es un factor de riesgo evidente a nivel de la transmisión de enfermedades. Sin embargo, no es este el único efecto del ascenso térmico sobre este mosquito. La velocidad a la que se desarrollan sus ciclos vitales también se ve acelerada notablemente cuando las temperaturas son más elevadas. Si hay disponibilidad de agua, situación prácticamente asegurada en el entorno urbano y periurbano por el aprovechamiento de los pequeños recursos hídricos que el hombre deja disponibles, el mosquito tigre puede completar la fase larvaria más rápidamente. Esto provoca que los adultos emerjan antes, que haya mayores densidades de hembras dispuestas a picar, que haya más generaciones poblacionales a lo largo del año y, en la práctica, que el riesgo vectorial sea más elevado. Otro factor adicional a considerar es que las elevadas temperaturas también pueden reducir el período de incubación extrínseca del virus en el vector, como ya se ha indicado anteriormente. Por tanto, y a pesar de que los condicionantes son siempre diferentes en distintos contextos, por aportar ciertas cifras podemos indicar que en general el aumento de la temperatura por encima de 32 °C produce una mayor tasa de reproducción del mosquito y por tanto un aumento de su densidad, se acorta el período de incubación extrínseco y aumenta la tasa de contacto con el hospedador al incrementar la frecuencia de picaduras, ya que completan la digestión de forma más rápida. Algunos modelos de dinámica de estas arbovirosis urbanas como el dengue estiman que el aumento de la temperatura por encima de 32 °C puede incrementar la capacidad vectorial del mosquito hasta tres veces²⁰.

Los ejemplos de episodios de transmisión de

enfermedades por parte del mosquito tigre en el área del Mediterráneo son ya elevados. Brotes de diferente envergadura del virus chikungunya han acontecido en Italia y en Francia^{21, 22}, mientras que el dengue también se ha transmitido puntualmente de forma autóctona en Francia y en Croacia^{23, 24}. Fuera de Europa, *Ae. albopictus* también está exhibiendo un potencial vectorial notable en los últimos años. Se considera que la especie está directamente relacionada con la resurgencia del dengue y chikungunya en África Central²⁵ y Sudamérica. En EE.UU. además es un constatado vector puente incluso de otras arbovirosis como el virus del Nilo Occidental²⁶.

c.2. Encefalitis víricas y zoonosis aviares (virus del Nilo Occidental, Usutu y Sindbis)

Cuando en los ciclos de infección participan también otros hospedadores animales, además de mosquitos y seres humanos, el análisis de riesgos y el control de estas enfermedades se complican notablemente. Este es el caso, por ejemplo, de las arbovirosis eporníticas como *virus del Nilo Occidental* (VNO), *Usutu (USUV)* y *Sindbis (SINV)*. Estos virus afectan fundamentalmente y de manera más severa a las aves, mientras que de forma esporádica pueden llegar al ser humano, donde los casos exhiben un elevado porcentaje de falta de sintomatología que suele enmascarar su prevalencia real entre la población humana. Muchas especies de mosquitos se han detectado como portadoras del virus en sus glándulas salivales pero podemos hablar, en términos genéricos, de *Culex pipiens* (el mosquito común) como del principal vector de estas enfermedades.

Muchos de los efectos del cambio climático expuestos anteriormente para los aedinos invasores y las arbovirosis que transmiten, son igualmente válidos también para el caso de *Culex pipiens* y las virosis asociadas de afección aviar. Acortamiento en los tiempos de desarrollo para completar los ciclos vitales del vector, incremento de densidad poblacional, aumento de la frecuencia de picaduras y menor período de incubación extrínseca del virus. Pero a todo ello, también hay que sumarle el efecto que pueden tener los cambios climáticos en el principal hospedador amplificador de la enfermedad, que en este caso son las aves. Una parte notable de las aves que participan en los ciclos de transmisión de VNO son de tipo migratorio, con lo que estas aves de migración transcontinental pueden servir de "puerta de entrada" de nuevas variantes del VNO en diferentes territorios por los que discurren las rutas migratorias²⁷. Si estos patrones climáticos cambiantes modifican las rutas migratorias de estas aves o el tiempo de residencia en las diferentes zonas de paso, aparecen nuevos factores a tener en cuenta en la ecoepidemiología de la enfermedad.

Algunos de los fenómenos que se prevén como más probables fruto del cambio climático, como veranos extremadamente calurosos, inviernos suaves y episodios extremos de sequías e intensas precipitaciones en cortos espacios de tiempo, se han vinculado también con la expansión e incremento de casos del VNO. En primer lugar, las altas temperaturas en verano promueven la virogénesis en los vectores, así como su abundancia y competencia vectorial, lo que favorece la ocurrencia de brotes. Por ello, veranos anormalmente secos y calurosos, seguidos de inviernos suaves y húmedos favorecen la circulación del virus, mientras que inviernos extremos rompen el ciclo e interrumpen su circulación²⁸. Entre los ejemplos de ello, podemos citar el sur de Rusia donde se ha constatado que varias temporadas seguidas de veranos extremadamente calurosos acompañadas de inviernos suaves potenciaron la circulación del VNO (1997-2002), pero dos inviernos más rigurosos de lo normal la interrumpieron. Otros episodios epidémicos del VNO han tenido lugar en escenarios con veranos anormalmente calurosos, como es el caso de Israel en 1998²⁹ o el gran brote de Nueva York en 1999³⁰. También se sabe que una prolongada sequía tras lluvias abundantes favorece la productividad de los hábitats larvarios de los culícidos al incrementarse la materia orgánica en suspensión en el agua estancada que, en consecuencia, desencadena una mayor velocidad y sincronía de los ciclos vitales de los vectores. Episodios de sequía precediendo unos meses la aparición de brotes de VNO han sido documentados en Estados Unidos³¹. Respecto a los fenómenos climáticos extremos como lluvias torrenciales, ciclones o riadas también han sido implicados en la aparición o aumento de casos de VNO (Jiménez Clavero, en prensa). Así por ejemplo, unas semanas después del paso del huracán Katrina sobre Luisiana y Mississippi se observó un incremento significativo de casos de enfermedad neuroinvasiva causada por el VNO en la zona afectada³².

El VNO es considerado por muchos autores como una zoonosis ya endémica en nuestro país, por las abundantes referencias de circulación del virus en distintos humedales nacionales desde hace largas series temporales³³. En cuanto a USUV, el año 2001 supuso un punto de inflexión en el interés por esta virosis de origen africano pues se produjo una considerable mortalidad de numerosos ejemplares residentes de mirlo común (*Turdus merula*) en Austria³⁴. En España se consiguió detectar USUV, mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), en poblaciones de *Cx. pipiens* recolectadas en diversos humedales del litoral catalán³⁵, presentando además mayor porcentaje de homología con las cepas africanas (97,97 %) que con las cepas austríacas (94,94 %). No obstante, estudios posteriores realizados en el sur de España evidenciaron la situación contraria al analizar

varios ejemplares de zorzal común (*Turdus philomelos*) con síntomas evidentes de afectación a nivel del sistema nervioso central, pues se detectó la presencia de cepas de USUV más próximas a las circulantes en Centroeuropa³⁶. En consecuencia, la situación más probable en nuestro territorio es la de una cocirculación de cepas diferentes aprovechando rutas migratorias, también distintas, de las especies aviares. Los mosquitos autóctonos parecen ser receptivos a ambos linajes, así que la posible influencia de los cambios climáticos sobre vectores y aves, deberá ser analizada con cautela para poder inferir con mayor precisión la manifestación de la enfermedad en lugares concretos y en momentos precisos.

Respecto a SINV, los únicos países europeos donde se han producido brotes epidémicos y aislamientos del virus en humanos se sitúan mayoritariamente en el norte del continente, Rusia, Finlandia, Suecia o Noruega son algunos ejemplos, mientras que en España únicamente se ha evidenciado la presencia a nivel serológico^{37,38}. El hecho de que la enfermedad sólo se manifieste en la estrecha franja comprendida entre los 60 ° y 64 °N de latitud en nuestro continente, puede relacionarse con el aumento de aves migratorias amplificadoras del virus que visitan esta zona en los meses veraniegos, época en la que, por otra parte, es cuando proliferan los mosquitos en estas regiones; si bien también se ha propuesto una posible limitación climática para el virus³⁸. De nuevo, el cambio climático se postula con un factor crucial que puede modificar estos patrones de distribución biogeográfica de la enfermedad.

c.3. Posible reaparición de una enfermedad endémica en el pasado en España pero erradicada desde hace tiempo en nuestro país: la malaria o paludismo

Es imposible hablar de enfermedades transmitidas por vectores en España y no hacer una mención especial a la malaria o paludismo. Esta parasitosis tuvo una elevada tasa de endemia en nuestro país hasta mediados del siglo XX (expidiéndose el Certificado oficial de erradicación de la enfermedad por parte de la OMS en 1964); siendo además, la lucha antipalúdica, la primera intervención sanitaria española que se basó en criterios epidemiológicos, es decir, que se planificó en base a los datos de la prevalencia de la enfermedad y que, una vez se constató el papel de los mosquitos en su diseminación a finales del siglo XIX, también se englobaron las estrategias de desinsectación en los programas de control genéricos de la enfermedad³⁹.

Obviamente, el calentamiento global también propiciará nuevos territorios susceptibles de albergar eventuales episodios de transmisión de malaria. Sin embargo, el paludismo es una enfermedad en la que

existen claramente dos velocidades distintas en el abordaje de la misma, según nos encontramos en países más o menos desarrollados. Las condiciones socioeconómicas y sanitarias de un país son factores clave para explicar el posible impacto de la parasitosis. Cabe mencionar que, si bien la lucha antivectorial tuvo un papel importante en el control de la enfermedad en nuestro país durante el siglo XX, fue la batalla farmacológica contra el parásito lo que permitió la erradicación de la malaria en España y en Europa mediante la búsqueda activa y pasiva de casos y su tratamiento con los primeros fármacos sintéticos a base de cloroquina aparecidos en el mercado. Por tanto, estamos hablando de una enfermedad que con un buen sistema de alertas tempranas, en España es una Enfermedad de Declaración Obligatoria (EDO), con óptimos procedimientos de vigilancia epidemiológica y con adecuados programas de monitorización y control vectorial, es realmente complicado que se produzcan brotes. Sin embargo, en el año 2010 se diagnosticó en España el primer caso de malaria autóctona en casi 50 años⁴⁰, en concreto en una localidad rural de la provincia de Huesca donde abundan arrozales en los que la especie *Anopheles atroparvus*, principal vector del paludismo en nuestro continente⁴¹ fue incluso encontrado infectado por *Plasmodium vivax*.

Como se ha comentado, el sur de Europa siempre fue un territorio climáticamente favorable para la diseminación de la enfermedad, con lo que el cambio climático puede favorecer más aún el escenario, pero no modificarlo drásticamente. A no ser que se produzca un rápido y drástico deterioro socioeconómico y sanitario, no hay atisbos para pensar que la malaria puede volver a surgir con fuerza en el sur de Europa y mucho menos repetir porcentajes de morbi-mortalidad similares a los de principios del siglo pasado. No obstante, sí hemos tenido pequeños avisos relacionados con la necesidad de no bajar la guardia en este sentido. En los últimos años en Grecia han acontecido decenas de casos autóctonos de malaria debido a *P. vivax*⁴², apuntando numerosos autores la existencia de un claro paralelismo entre la crisis económica del país heleno y la resurgencia de la enfermedad.

Lo que sí apuntan los modelos de predicción de la enfermedad en base a las proyecciones climáticas asociadas al calentamiento global, es que habrá un recrudecimiento de la parasitosis en áreas que son actualmente endémicas, pareciendo consecuentemente numerosos territorios de hiperendemicidad, por ejemplo, en África tropical. Precisamente en muchas regiones tropicales de África y América, donde la enfermedad se manifiesta con frecuencia pero solía haber cierta limitación altitudinal, es donde diferentes

investigadores opinan que habrá un mayor incremento de la incidencia en los próximos años al posibilitarse la transmisión del paludismo en puntos de mayor altitud a los tradicionalmente descritos⁴³. Afortunadamente contamos además con un aliado inesperado pues las variantes africanas de *Plasmodium falciparum*, la especie más peligrosa para los humanos, no “prende” en nuestros *An. atroparvus*, al ser refractarios⁴⁴.

En España hay descritas un total de 14 especies de mosquitos *Anopheles*, potenciales vectores de la enfermedad, si bien no todas las especies tienen el mismo interés como agentes diseminadores de plasmodios humanos¹⁶. Entre estas especies podemos destacar a *An. atroparvus* (principal vector en España durante la fase de endemia), *Anopheles labranchiae* (también notable vector que se considera actualmente erradicado de nuestro país), *Anopheles plumbeus* (vector constatado de paludismo en las proximidades de áreas boscosas) y *Anopheles claviger* (protagonista de ciclos de transmisión en países del este del Mediterráneo y Asia Menor).

d. ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR FLEBOTOMOS

Algunas especies de flebotomos son vectores de patógenos tales como *Leishmania*, *Bartonella* y varios virus del género *Phlebovirus*, *Vesiculovirus* y *Orbivirus* y constituyen un problema de salud pública.

La presencia de estos vectores está determinada por los requerimientos climáticos que tiene cada una de las especies en cuanto a las condiciones de temperatura y humedad, que son los factores principales que determinan la estructura altitudinal y su dispersión en España^{10,45,46}.

Se estima que los cambios previstos en el régimen de temperaturas y precipitaciones debido al cambio climático van a provocar un aumento en el rango de distribución de los flebotomos en el conjunto de Europa, tanto en latitud como altitud, desde las áreas en las que se encuentra establecido⁴⁷.

d.1. *Leishmaniosis*

La leishmaniosis es una enfermedad endémica en los países del sur de Europa que se manifiesta básicamente en dos formas clínicas, visceral (LV), la más grave, y cutánea (LC). En el Mediterráneo hay cuatro especies implicadas, *L. infantum*, la especie más frecuente, que causa tanto LC como LV; *L. major* en el Norte de África y Oriente Medio que causa LV, *L. tropica*, encontrada en Grecia, Turquía y Oriente Medio, causante de LC; y *L. donovani*, recientemente introducida en Chipre, que causa tanto LV como LC.

En España se han identificado 12 especies de flebotomos, de las que se considera que solamente dos, *Phlebotomus* (Larrousius) *perniciosus* Newstead, 1911 y *Phlebotomus* (Larrousius) *ariasii* Tonnoir, 1921 están implicados en la transmisión de *L. infantum* Nicolle, 1908, agente causal de los casos de leishmaniosis en la Península hasta la fecha^{48,49}.

En el Mediterráneo, la temperatura de los focos de leishmaniosis se encuentran entre los 20 °C y 30 °C en julio y entre los 5 °C a 10 °C en enero⁵⁰. Estas temperaturas son óptimas para el desarrollo de las poblaciones de *P. perniciosus* y *P. ariasi*⁵¹.

El cambio climático puede afectar a la densidad y dispersión de las especies de flebotominos⁵² tanto en latitud como altitud y de esta forma provocar un aumento de la incidencia de la leishmaniosis. La dispersión de las poblaciones de flebotomos está relacionada con el acortamiento del desarrollo larvario y la extensión del ciclo fenológico, consecuencia del aumento de las temperaturas⁵³.

Estudios recientes han resaltado el incremento en el área de riesgo de la leishmaniosis debido al movimiento de los flebotomos vectores hacia áreas en las que no estaban presentes, tanto en países del sur como del centro de Europa. De esta forma, mientras que la leishmaniosis parece expandirse en el sur de Europa, han aparecido los primeros casos autóctonos en el centro de Europa⁵⁴.

En Italia se ha observado un desplazamiento de *P. perniciosus* y de *P. neglectus* hacia el norte⁵⁵⁻⁵⁷. En las últimas décadas en Alemania se ha detectado un incremento en la distribución de *P. mascittii* y de *P. perniciosus*⁶. En los Pirineos, en Francia, se ha producido en los últimos 20 años un incremento en la incidencia de la leishmaniosis canina y de la presencia de *P. ariasi* y *P. perniciosus*⁵⁸. En Andorra se ha constatado también un aumento de la presencia y extensión de estas dos especies¹². En España, el aumento de la leishmaniosis canina en el pirineo catalán (Lérida) se encuentra relacionada con la expansión de *P. ariasi*¹², y también este es el caso en la provincia de Álava¹⁰. En el centro de España se detecta asimismo un aumento en la distribución y en las densidades de *P. perniciosus* respecto a estudios anteriores⁵⁹ y también en el caso del sureste español⁶⁰.

En cualquier caso, este aumento en las densidades y en la distribución geográfica depende no sólo del clima sino de otros factores y no se traduce de forma directa en un impacto en la incidencia de la enfermedad.

El impacto de los cambios globales sobre la ecoepidemiología de la leishmaniosis tanto en áreas

tradicionalmente endémicas como en nuevas áreas parece ser impredecible⁶¹, como muestra el brote que ha afectado al suroeste de la Comunidad de Madrid desde 2011 en el que se han dado más de 700 casos humanos y en el que, además de factores climáticos, otros aspectos ambientales y territoriales, como el cambio en los usos del suelo, la urbanización creciente y la aparición de un nuevo reservorio, se enumeran como factores explicativos^{54,62-64}.

La llegada de nuevas especies de *Leishmania* y, en concreto, de *L. tropica* y *L. donovani*⁶⁵, la primera de ellas presente en el norte de África⁶⁶, es uno de los aspectos que podrían complicar la situación de la leishmaniosis en España en el futuro, ya que están presentes los vectores competentes, que podrían ver aumentada sus poblaciones por el cambio climático. La llegada de *L. major*, también presente en el norte de África, parece más complicada al no estar presente en la Península su principal reservorio⁶⁷. Este proceso ya se ha producido en algunas zonas de Europa, como es el caso de la emergencia de casos provocados por *L. major* en Creta⁶⁸ y *L. donovani* en Chipre⁶⁹.

Este fenómeno se puede ver facilitado por la presencia en España de especies de flebotomos permisivas a diferentes cepas y especies del parásito, como es el caso de *P. perniciosus*, que podrían facilitar la adaptación de *Leishmania* a nuevos vectores y estar en la base del establecimiento de nuevos focos de leishmaniasis⁷⁰.

d.2. Arbovirosis

Los flebotomos están implicados en la transmisión de varios agentes virales entre los que se encuentran los del género *Phlebovirus* (familia Bunyaviridae) que incluye los virus Sicilia, Nápoles y Toscana como los más importantes para la salud pública y los del género *Vesiculovirus* (familia Rhabdoviridae) con el virus Chandipura como más significativos⁷¹⁻⁷³. Estos virus provocan fiebre de flebotomo, meningitis y encefalitis como el virus Toscana (TOSv) (*Phlebovirus*) y el Chandipura (*Vesiculovirus*). Se desconoce la implicación que los flebotomos pueden tener en la transmisión del virus de la fiebre del valle del Rift ya que no se ha aislado hasta la fecha en condiciones naturales, aunque su infección en condiciones de laboratorio ha sido comprobada en algunas especies.

La fiebre por flebotomo, fiebre de papataci o fiebre de los tres días es un proceso febril autolimitado que dura unos 2 a 4 días en el 85 % de los casos y que viene acompañado por cefalea, malestar, escalofríos y, a veces, eritema. Está causado por el virus Nápoles y Sicilia y es transmitido por *P. papatasi*.

El TOSv se transmite por las especies *P. perniciosus*, ampliamente presente en España, y por *P. perfiliewi*, vector en otros países de Europa. Se ha comprobado la transmisión transovárica y venérea del virus, por lo que el propio vector actúa como reservorio, aunque la pérdida paulatina de eficacia que se produce en cada generación, hace que se postule la participación de algún otro reservorio, que aún no se conoce.

Estudios serológicos realizados en diversos países de Europa y en España muestran una prevalencia de anticuerpos frente al TOSv relativamente elevada e indican una amplia circulación en la cuenca mediterránea que sigue la distribución de los flebotomos transmisores.

Muchas infecciones son asintomáticas y los casos clínicos generalmente muestran síntomas similares a la gripe, pero el virus muestra un fuerte neurotropismo y está asociado a brotes de meningitis y meningo-encefalitis en algunos países, entre los que se encuentra España⁷⁴. Está considerado como un patógeno emergente en Europa⁷⁵.

Este virus se ha encontrado recientemente en *P. perniciosus* capturados en Madrid⁷⁶. Actualmente preocupan las posibles consecuencias epidemiológicas que pudiera tener la coincidencia del virus Toscana y *L. infantum* en el mismo vector, en particular en áreas con alta prevalencia⁷⁶⁻⁷⁷.

El virus Chandipura se ha identificado recientemente en la India como el agente causal de un brote de encefalitis severa en niños que se produjo en 2003 (tasa de mortalidad del 55,6 %) y posteriormente en otros brotes. Se ha aislado de *Phlebotomus* spp., *P. papatasi* aparece como vector más probable, y de *Sergentomyia* spp. Algunos autores consideran el posible riesgo de introducción de este virus en Europa⁷¹.

e. ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR GARRAPATAS

Las garrapatas son vectores transmisores de bacterias, protozoos y virus entre los que se encuentran, entre los más destacados, el virus de la fiebre hemorrágica de Crimea-Congo, el virus de la encefalitis transmitida por garrapatas, la borreliosis de Lyme y la fiebre botonosa mediterránea. A esta función de vectores, añaden en muchos casos, su papel como reservorios en el mantenimiento de los ciclos enzoóticos de patógenos humanos.

Las garrapatas pasan la mayor parte de su ciclo vital en el medio por lo que su desarrollo, supervivencia y dinámica poblacional depende de muchos factores entre los que se encuentra el clima a través del impacto de la temperatura y el estrés hídrico⁷⁸.

El cambio climático puede influenciar la distribución de las garrapatas y su densidad, así como el riesgo de la transmisión de patógenos⁷⁹ y alterar, de esta forma, los patrones de estas enfermedades.

Sin embargo, la respuesta de las garrapatas no solo depende del clima sino de otros factores como la evolución de las poblaciones de grandes vertebrados, de los que se alimentan fundamentalmente las etapas adultas, de los cambios en el paisaje y del aumento de la fragmentación del hábitat, entre otros, que pueden producir efectos más profundos en la epidemiología de la transmisión de patógenos que el clima⁸⁰.

La estimación del riesgo vectorial ligado a las garrapatas necesita, por consiguiente, de un buen conocimiento del sistema vectorial: densidad de la especie, tasa de infección de los diferentes estadios y en particular de aquellos que pueden ser más responsables de infección, exposición de la población susceptible, conocimiento sobre los reservorios (densidad y prevalencia) y densidad de grandes mamíferos necesarios para la realización del ciclo de desarrollo completo⁸¹.

El calentamiento global está produciendo una expansión hacia el norte de varias especies de garrapatas como *Ixodes ricinus*, vector de la enfermedad de Lyme, y de *Rhipicephalus sanguineus*, vector de la fiebre exantemática mediterránea^{82,83}. En cualquier caso, es imposible desconectar la influencia mutua del cambio global tales como la deforestación, el cambio en los usos del suelo y el cambio climático en los sistemas de transmisión de patógenos mediados por garrapatas, ya que todos estos factores pueden actuar de forma sinérgica sobre los hospedadores, los vectores, los patógenos y el comportamiento humano.

El impacto del calentamiento global sobre las enfermedades transmitidas por garrapatas será más intenso en el límite de las áreas de distribución, en el que temperaturas por debajo del óptimo limitan la expansión de los vectores infectados^{84,85}.

En España las enfermedades que más se podrían ver influenciadas por el cambio climático son la enfermedad de Lyme, la anaplasmosis, la fiebre botonosa y otras rickettsiosis y la fiebre de Crimea-Congo. El papel de las garrapatas en la epidemiología de otros patógenos como la fiebre Q y la tularemia estaría relacionado más con el mantenimiento en la naturaleza de sus ciclos enzoóticos que con la transmisión directa al hombre. Las prevalencias de estos patógenos en garrapatas en España es variable y depende de la especie y del área geográfica.

Otro aspecto de interés es la agresividad de la garrapata hacia el hombre, ya que hay especies que no suelen encontrarse prendidas mientras que otras muestran una mayor antropofilia, como es el caso de *Ixodes ricinus* y *Dermacentor marginatus*, así como por el estadio de la garrapata, encontrándose un mayor riesgo en el caso de las ninfas más antropofílicas y cuya parasitación suele pasar, además, más desapercibida. La agresividad hacia el hombre es un aspecto que también parece estar ligado al clima. Parola encuentra en un brote de fiebre botonosa por *Rh. sanguineus* una mayor tendencia de esta garrapata a fijarse en las personas con el aumento de la temperatura⁸⁶.

e.1. Arbovirus

Encefalitis transmitida por garrapatas (ETG)

El virus de la ETG pertenece al género *Flavivirus*, familia *Flaviviridae*. Es la más importante y extendida de las arbovirosis en Europa. El vector transmisor es *Ixodes ricinus* que además actúa como reservorio de la enfermedad y transmite el virus a su progenie. Provoca meningitis o encefalitis. Los brotes siguen periodos en los que los topillos (especies de los géneros *Clethrionomys* o *Microtus*), el principal reservorio, y las garrapatas son numerosas (de mayo-junio a septiembre-octubre). La incidencia de la ETG en el centro y este de Europa ha aumentado en los últimos años debido a diferentes causas entre las que se encuentran el cambio climático y los cambios en la frecuentación a las áreas naturales por motivos de ocio y esparcimiento. Se prevé un aumento en la incidencia de la enfermedad debido a la expansión hacia el norte de *Ixodes ricinus*, su principal vector, en muchos países de Europa. En España, esta enfermedad está ausente, aunque el vector está presente en el norte y en ciertas áreas del centro y sur peninsular y existen especies de pequeños roedores que pueden actuar como reservorio⁸⁷.

Fiebre hemorrágica de Crimea-Congo

La fiebre hemorrágica de Crimea-Congo está causada por un *Nairovirus* (familia *Bunyaviridae*). Aunque se ha encontrado el virus en gran número de especies, las garrapatas del género *Hyalomma*, y en concreto *H. marginatum*, se considera el principal vector. Se ha comprobado la transmisión transovárica y venérea del virus en algunas especies.

Las formas inmaduras de *H. marginatum* tienen a aves migratorias entre sus hospedadores, lo que les permite introducirse en áreas alejadas de sus puntos de origen durante la migración.

En España no se han encontrado hasta la fecha garrapatas de la especie *H. marginatum* infectadas por el virus, pero sí de *Hyalomma lusitanicum*. Esta última es una garrapata abundante en la mitad meridional de la Península y es frecuente en Extremadura y las provincias limítrofes. Precisamente de esta Comunidad Autónoma, en una zona limítrofe con Portugal, procedían las primeras garrapatas positivas encontradas en 2010, aunque ha sido en Ávila donde se ha producido el primer caso humano de fiebre de Crimea-Congo el año 2016.

En estudios muy recientes realizados en 2016 y 2017 se han encontrado garrapatas de la especie *H. lusitanicum* infectadas por este virus en algunas áreas de las Comunidades Autónomas de Extremadura, Castilla-León, Madrid y Castilla-La Mancha.

Las previsiones de cambio climático en España prevén un aumento de su presencia y de la incidencia de la enfermedad, aunque el último informe sobre la situación de riesgo elaborado por el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad considera que por el momento el riesgo sigue siendo bajo⁸⁸.

Su expansión se ha relacionado con la llegada de garrapatas infectadas desde África con las aves migratorias, el movimiento de grandes ungulados, tanto salvajes como domésticos, así como el comercio de estos últimos⁸⁷, el escenario de aumento de temperatura previsto en los modelos de cambio climático y otros factores como los cambios de uso del suelo, la disponibilidad de hospedadores para las fases inmaduras y la fragmentación del hábitat⁸⁹.

Otros virus

Se han aislado otros virus en garrapatas en Europa que se han identificado como agentes etiológicos de enfermedad en el hombre, aunque su importancia para la salud pública se considera muy reducida hasta la fecha⁹⁰. Entre ellos los virus Bhanja, aislado de *Dermacentor marginatus*, Thogoto, identificado en *Rhipicephalus bursa*, Dori, aislado en *H. marginatum*, y Eyach, encontrado en *I. ricinus*.

e.2. Bacterias

Enfermedad de Lyme

La borreliosis de Lyme es la infección transmitida por garrapatas más frecuente en Europa con unos 85 000 casos reportados al año según el último informe del del Centro Europeo para la Prevención y el Control de las Enfermedades (ECDC) sobre la enfermedad. Su incidencia está aumentando en Europa. Es transmitida

por la especie *I. ricinus* y entre los vertebrados que actúan como reservorio se encuentran pequeños mamíferos, fundamentalmente roedores de los géneros *Apodemus*, *Clethrionomys* y *Sciurus*. En España se diagnostican unos 100 casos al año, en particular en el norte de España. En el País Vasco se encuentran prevalencias de 1,7 % en *I. ricinus*, aunque otros autores han observado prevalencias superiores⁹¹. La incidencia anual estimada en España es de 0,25 por 100 000 habitantes⁹².

Fiebre botonosa

La fiebre botonosa, también conocida como fiebre exantemática mediterránea, tienen como agente causal a *Rickettsia conorii* y como vector a la garrapata del perro (*Rhipi cephalus sanguineus*), que actúa tanto como vector como reservorio de la bacteria, ya que se ha comprobado la transmisión transestadial y transovárica⁹³. Produce un cuadro con fiebre, malestar y exantema, pero en los últimos años han aparecido casos graves que pueden ser mortales. El perro es la fuente preferida de alimentación para *R. sanguineus* que raramente ataca al hombre aunque estas preferencias pueden cambiar con el aumento de temperatura⁸⁶.

En los años 70 del siglo pasado se produjo un incremento en el número de casos en España que se relacionó con un aumento de las temperaturas y un descenso en la precipitación⁸⁶. En los últimos años han aparecido otras rickettsiosis transmitidas por garrapatas. *Rickettsia massiliae* y *Rickettsia monacensis* están relacionadas con la transmisión de un síndrome similar a la fiebre botonosa. *Rickettsia slovacica*, *Rickettsia raoultii* y *Rickettsia rioja* provocan linfadenopatías que reciben el nombre de DEBONEL o TIBOLA y que es transmitido por *D. marginatus*.

Las garrapatas son los reservorios principales de las fiebres botonosas por rickettsiosis y por ello la distribución de estas enfermedades está determinada por la distribución de las garrapatas que las transmiten.

El cambio climático, entre otros factores, puede contribuir a la emergencia de rickettsiosis o un cambio en su distribución⁹⁴. En España se han encontrado prevalencias relativamente importantes en garrapatas de los géneros *Dermacentor*, *Hyalomma*, *Ixodes* y *Rhipicephalus*⁹⁵.

Anaplasmosis

La anaplasmosis granulocítica humana está causada por *Anaplasma phagocytophilum*, que en Europa es transmitida por *I. ricinus*, aunque también se ha encontrado en otras especies del género *Haemaphysalis*

y *Derma-centor*.

Derma-centor. La prevalencia en España es variable, entre 0,4 y 5,6 %⁹¹. No se ha encontrado transmisión transovárica. Los principales reservorios son micromamíferos de los géneros *Apodemus*, *Sorex* y *Clethrionomys*.

Fiebre Q

La fiebre Q es una zoonosis causada por *Coxiella burnetii*. La infección por garrapata aunque puede ocurrir es rara. En este caso su papel fundamental es el mantenimiento del patógeno en la naturaleza. La prevalencia encontrada en diferentes áreas del norte y centro peninsular van del 0,9 al 7,7 %^{91,95}.

f. ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ROEDORES Y OTROS ARTRÓPODOS

Los roedores han representado durante siglos un problema de salud pública, destacando el papel que la rata negra tuvo en las epidemias de peste bubónica (muerte negra) que acabaron con la vida de millones de personas en Europa en el siglo XIV.

Los roedores pueden albergar otros vectores como pulgas (*Xenopsylla cheopis*, *Ctenocephalides felis*) capaces de transmitir enfermedades como la peste o el tifus murino. Además, pueden ser hospedadores o reservorios de varias enfermedades como leptospirosis, fiebres virales hemorrágicas, hantaviriosis, tularemia, etc. También pueden producir procesos febriles como consecuencia de su mordedura y muy raramente la rabia. Otros vectores como las moscas y cucarachas, responsables de la transmisión de patógenos de enfermedades como la disentería, diarreas, fiebres tifoideas, cólera, salmonelosis, etc. requieren para su óptimo desarrollo calor y humedad, por lo que variaciones ambientales en este sentido tendrán un efecto directo sobre la dinámica de sus poblaciones. La cucaracha americana (*Periplaneta americana*) habitual en la costa levantina, ya es habitual encontrarla en las redes de alcantarillado de numerosos municipios y ciudades del centro de España, como Madrid.

La peste es una zoonosis bacteriana causada por la bacteria *Yersinia pestis* y es transmitida por la picadura de las pulgas infectadas, por contacto directo y por inhalación. Ha habido epidemias de peste en África, Asia y América del Sur, pero desde el decenio de 1990 la mayoría de los casos humanos se han concentrado en África. En 2013 se declararon 783 casos en todo el mundo, incluidas 126 defunciones (OMS). Los tres países más endémicos son Madagascar, la República Democrática del Congo y Perú. El tifus murino está causado por *Rickettsia thypi*,

que se transmite a través de las heces de la pulga. La leptospirosis es una enfermedad de importancia mundial, especialmente en el área mediterránea y se contrae mediante el contacto con la orina de forma directa o indirecta (agua o suelo contaminados). La variedad transmitida por las ratas está producida por espiroquetas (*Leptospira icterohemorrhagie*). La hantaviriosis humana es originada por agentes del género hantavirus y produce el síndrome pulmonar por hantavirus (SPH) o la fiebre hemorrágica con síndrome renal (FHSR). La transmisión del virus se produce por contacto directo con secreciones, excrementos o inhalación de material infeccioso en forma de aerosoles provenientes de roedores. A principios de los 90 se desató una epidemia muy grave en el sur de EE.UU. asociada a un incremento de la población de roedores (*Peromyscus sp.*) como consecuencia del cambio climático⁹⁶.

Otra enfermedad emergente en España y asociada a roedores es la Tularemia. Hasta 1997 no se había notificado ningún caso, y desde entonces, se han registrado más de 1000 casos, habiendo ocurrido dos grandes brotes en 1997 y 2007 en Castilla y León⁸⁸. El microorganismo responsable de la enfermedad (*Francisella tularemia*) tiene como reservorios a liebres y roedores (ratas, ratones y topillos). En general, las poblaciones de lagomorfos y roedores aumentan en verano y disminuyen de forma natural en invierno. La densidad poblacional en el periodo verano-otoño puede ser muy elevada en ciertos años, constituyendo una explosión demográfica o plaga. En muchos casos, los brotes en humanos han aparecido después de haberse detectado una epizootia o una plaga⁹⁷. Este hecho corrobora la influencia del clima sobre la densidad de poblaciones de los roedores, incrementando del mismo modo la posibilidad de contacto hombre-vector.

La prevalencia de enfermedades transmitidas por vectores varía año a año, en función de las condiciones meteorológicas, incluyendo las temperaturas, régimen de lluvias, etc. por lo que es evidente que el cambio climático tendrá un efecto directo, al influir sobre la distribución y dinámica poblacional de vectores, patógenos, reservorios y hospedadores. El cambio climático también puede afectar reduciendo la población natural de predadores de roedores, provocando un aumento de sus poblaciones y la posibilidad de contacto con el hombre. Los avisos de ratas (*Rattus norvegicus*) en numerosos municipios de la Comunidad de Madrid se han incrementado sustancialmente en los últimos tres años, que han sido los más calurosos desde que hay registros. Se cree que el número de avisos no solo tiene que ver con un posible aumento de las poblaciones de ratas sino también con el aumento del contacto hombre-

reservorio (mejor tiempo implica mayor presencia de personas en la calle y por lo tanto mayor posibilidad de avistamiento). Este aumento de las temperaturas podría influir también en el incremento de focos en zonas exteriores (madrigueras).

Hay que tener en cuenta que los posibles cambios futuros en la epidemiología de las enfermedades vectoriales, no solo estarán originados por el cambio climático, sino por otros factores igualmente importantes como el desarrollo económico y social, desarrollo urbanístico, condiciones sanitarias, calidad de los servicios de salud pública, comercio, etc. que en el caso del control de roedores pueden tener una importancia vital (la reciente crisis económica ha originado la falta de control de las poblaciones de roedores en el ámbito particular: domiciliario, comunidades de vecinos, por falta de recursos económicos).

g. IMPLICACIONES PARA LA SALUD PÚBLICA. ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO

En las últimas décadas se ha producido un resurgimiento de algunas enfermedades transmitidas por vectores que se creían bajo control y también la aparición de otras nuevas. Asimismo, la llegada de nuevos vectores, y su implantación y expansión en algunos casos, está generando nuevos riesgos para la salud pública. Estos fenómenos han estado, en general, asociados a cambios ecológicos y climáticos complejos que han favorecido e incrementado las densidades de los vectores y de sus reservorios, pero en los que también han incidido procesos propiciados o acelerados por el hombre como la globalización, la urbanización, la deforestación y la modificación de los usos del suelo. Existen diversas revisiones de las enfermedades que se pueden ver afectadas por el cambio climático tanto a nivel nacional⁹⁸ como mundial⁹⁹.

Los cambios en la distribución de los vectores y en su capacidad para transmitir patógenos debido al cambio climático van a ser más evidentes en las zonas en las que los vectores se encuentran en el límite de su distribución como es el caso de España. A esto se añade la cercanía de África y la posible entrada de nuevos vectores y patógenos procedentes de este continente. Ante este escenario es preciso establecer programas de acción dirigidos tanto a la identificación de los riesgos y la prevención de las enfermedades vectoriales como a la gestión eficaz de los posibles brotes que se puedan producir en el futuro.

El Plan Nacional de Adaptación al cambio climático adoptado en el año 2006 es el marco de referencia para la coordinación de la respuesta entre las Administraciones

Públicas a esta nueva realidad.

De otra parte, el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (MSSSI) ha auspiciado la elaboración de varios informes y evaluaciones de riesgo de enfermedades vectoriales: fiebre de Crimea-Congo (2011 y 2016), leishmaniosis (2012), tularemia (2013), virus del Nilo occidental (2013), virus del dengue (2013), fiebre del Valle del Rift (2014) y paludismo (2015) que, además de valorar el riesgo para la salud pública, proponen una serie de actuaciones prioritarias para mejorar la capacidad de respuesta de la sanidad española.

Se pueden resaltar las siguientes actuaciones prioritarias en el ámbito de la salud pública:

- Abordar de forma integral y multidisciplinar la vigilancia y el control de las enfermedades transmitidas por vectores, reforzando la coordinación territorial (municipal, autonómica y nacional) y sectorial entre las instituciones implicadas en salud animal y humana y en medio ambiente.
- Fortalecer las redes de investigación a nivel autonómico y nacional y su vertebración en el ámbito europeo y su conexión con las autoridades sanitarias para articular políticas y actuaciones que puedan adelantarse y responder a las emergencias por enfermedades vectoriales.
- Reforzar la vigilancia entomológica, el conocimiento de la distribución de los vectores implicados y el ciclo epidemiológico de los diferentes patógenos. Incluir en la vigilancia las áreas limítrofes a zonas en las que se encuentre el vector o se esté produciendo circulación de patógenos a fin de detectar de forma temprana la llegada de especies invasoras (mosquito tigre) y de otras especies de las que se espera un cambio en el área de distribución debido al cambio climático.
- Desarrollar sistemas de vigilancia en fauna silvestre y doméstica que puedan servir de base para la detección temprana de patógenos emergentes y el seguimiento de reservorios.
- Elaborar mapas de riesgos para cada una de los vectores y patógenos en los que se prevean cambios más significativos en el futuro, a fin de establecer actuaciones de prevención y control.
- Mejorar los sistemas de declaración de enfermedades en reservorios animales y su integración con las declaraciones humanas de la enfermedad, como en el caso de la leishmaniosis canina y humana.

- Informar a los profesionales sanitarios sobre las enfermedades emergentes con el fin mejorar el diagnóstico, detectar de forma precoz los posibles casos y limitar su propagación.
 - Difundir información sobre medidas de prevención entre los colectivos de riesgo (profesionales, población expuesta, turistas), trabajadores sanitarios y población general, adaptada a los escenarios de alerta existentes en cada momento.
 - Reforzar la capacidad de respuesta de control vectorial, en particular en el caso de implantación de nuevos vectores y la aparición de casos importados y autóctonos de enfermedades vectoriales emergentes.
12. Ballart, C. La leishmaniosis en la provincia de Lleida y Andorra. Estudio de los factores que influyen en la densidad de los vectores y en la prevalencia de la Leishmaniosis canina. Tesis doctoral. Barcelona: Universidad de Barcelona. 2012.180 pp.
 13. Eritja R, Escosa R, Lucientes J, et ál. World wide invasion of vector mosquitoes: present European distribution and challenges for Spain. *Biological Invasions*. 2005; 7:87-97.
 14. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe. Stockholm: ECDC; 2012.
 15. Rico Avelló C. Fiebre amarilla en España (Epidemiología histórica). *Rev. Sanid. Hig. Pública* 1953;27:29-87.
 16. Bueno Marí R, Bernués Bañeres A, Jiménez Peydro R. Updated checklist and distribution maps of mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Spain. *Eur. Mosq. Bull.* 2012a; 30:91-126.

BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud. Reglamento Sanitario Internacional 2005. Tercera Edición. Ginebra: OMS; 2016. 93 pp.
2. Mellor PS, Boorman J, Baylis Y. *Culicoides* biting midges: their role as arbovirus vectors. *Annual Review of Entomology* 2000; 45:307-40.
3. Ready PD. Managing the spread of canine leishmaniosis in Europe. *Veterinary Record* 2016; 14:44-6.
4. Wilson A, Mellor PS. Bluetongue in Europe: vector, epidemiology and climate change. *Parasitology Research* 2008; 103:569-77.
5. Moore S, Shrestha S, Tomlinson KW, Vuong H. Predicting the effect of climate change on African trypanosomiasis: integrating epidemiology with parasite and vector biology. *Journal of the Royal Society Interface* 2012; 9:817-30.
6. Naucke TJ, Menn B, Massberg D, Lorentz S. Sandflies and Leishmaniosis in Germany. *Parasitology Research* 2008; 103:65-8.
7. Ayala-Carcedo FJ. La realidad del Cambio climático en España y sus principales impactos ecológicos y socioeconómicos. *Tecnoambiente* 2004; 143:37-41.
8. González-González de Heredia M. El género *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) en el País Vasco. Norte de España. Tesis Doctoral. Vitoria-Gasteiz: Universidad del País Vasco. 2013. 325pp.
9. Purse BV, Mellor PS, Rogers DJ, et ál. Climate change and the recent emergence of bluetongue in Europe. *Nature Reviews Microbiology* 2005; 3:171-81.
10. Aransa y AM, Testa JM, Morillas-Márquez F, et ál. Distribution of sandfly species in relation to canine leishmaniasis from the Ebro Valley to Valencia, northeastern Spain. *Parasitol Res.* 2004; 94:416-20.
11. Sobrino R, Ferroglio E, Oleaga A, et ál. Characterization of widespread canine leishmaniasis among wild carnivores from Spain. *Veterinary Parasitology* 2008; 155(3-4): 198-203.
12. Ballart, C. La leishmaniosis en la provincia de Lleida y Andorra. Estudio de los factores que influyen en la densidad de los vectores y en la prevalencia de la Leishmaniosis canina. Tesis doctoral. Barcelona: Universidad de Barcelona. 2012.180 pp.
13. Eritja R, Escosa R, Lucientes J, et ál. World wide invasion of vector mosquitoes: present European distribution and challenges for Spain. *Biological Invasions*. 2005; 7:87-97.
14. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe. Stockholm: ECDC; 2012.
15. Rico Avelló C. Fiebre amarilla en España (Epidemiología histórica). *Rev. Sanid. Hig. Pública* 1953;27:29-87.
16. Bueno Marí R, Bernués Bañeres A, Jiménez Peydro R. Updated checklist and distribution maps of mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Spain. *Eur. Mosq. Bull.* 2012a; 30:91-126.
17. Rochlin I, Ninivaggi DV, Hutchinson ML, Farajollahi A. Climate Change and Range Expansion of the Asian Tiger Mosquito (*Aedes albopictus*) in Northeastern USA: Implications for Public Health Practitioners. *PLoS ONE* 2013; 8(4): e60874. doi: 10.1371/journal.pone.0060874.
18. Mogi M, Tuno N. Impact of climate change on the distribution of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in northern Japan: retrospective analyses. *J. Med. Entomol.* 2014; 51(3):572-9.
19. Bueno-Marí R, Jiménez-Peydró R. First observations of homodynamic populations of *Aedes albopictus* (Skuse) in Southwest Europe. *J. Vector Borne Dis.* 2015; 52(2):175-8.
20. Rogers DJ, Packer MJ. Vector-borne diseases, models, and global change. *Lancet* 1993; 342(8882):1282-84.
21. Grandadam M, Caro V, Plumet S, et ál. Chikungunya virus, southeastern France. *Emerg. Infect. Dis.* 2011; 17:910-3.
22. Rezza G, Nicoletti L, Angelini R, et ál. CHIKV study group. Infection with chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region. *Lancet* 2007; 370:1840-6.
23. Succo T, Leparç-Goffart I, Ferré JB, et ál. Autochthonous dengue outbreak in Nîmes, South of France, July to September 2015. *Euro Surveill.* 2016; 26;21(21):pii=30240. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2016.21.21.30240.
24. Gjenero-Margan I, Aleraj B, Krajcar D, et ál. Autochthonous dengue fever in Croatia, August-September 2010. *Euro Surveill.* 2011; 16(9):pii=19805.
25. Paupy C, Ollomo B, Kamgang B, et ál. Comparative role of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* in the emergence of Dengue and Chikungunya in central Africa. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2010; 10:259-66.
26. Turell MJ, Dohm DJ, Sardelis MR, et ál. An update on the potential of North American mosquitoes (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile Virus. *J. Med. Entomol.* 2005; 42:57-62.
27. Jourdain E, Gauthier-Clerc M, Bicout D, Sabatier P. Bird Migration

- Routes and Risk for Pathogen Dispersion into Western Mediterranean Wetlands. *Emerg. Infect. Dis.* 2007;13(3):365-72.
28. Jiménez Clavero MA. Virosis animales y cambio climático: La lengua azul y la fiebre de Nilo Occidental como paradigmas. En: AR Martínez Fernández (Ed.). Monografía XXIV: Cambio climático. Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia. Madrid: Real Academia Nacional de Farmacia-Instituto de España. En prensa. 24 pp.
 29. Paz S. The West Nile Virus outbreak in Israel (2000) from a new perspective: the regional impact of climate change. *Int. J. Environ. Health Res.* 2006; 16(1):1-13.
 30. Epstein PR. West Nile virus and the climate. *J. Urban Health* 2001; 78(2):367-71.
 31. Shaman J, Day JF, Stieglitz M. Drought-induced amplification and epidemic transmission of West Nile virus in southern Florida. *J. Med. Entomol.* 2005; 42(2):134-41.
 32. Caillouët KA, Michaels SR, Xiong X, et ál. Increase in West Nile neuroinvasive disease after Hurricane Katrina. *Emerg. Infect. Dis.* 2008;14(5):804-7.
 33. Bueno-Marí R, Jiménez-Peydró R. Situación actual en España y eco-epidemiología de las arbovirosis transmitidas por mosquitos culícidos (Diptera: Culicidae). *Rev. Esp. Salud Pública* 2010; 84(3):255-69.
 34. Weissenböck H, Kolodziejek J, Fagner K, et ál. Usutu virus activity in Austria, 2001-2002. *Microb. Infect.* 2003; 5: 1132-6.
 35. Busquets N, Alba A, Allepuz A, et ál. Usutu Virus sequences in *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae), Spain. *Emerg. Infect. Dis.* 2008; 14:861-2.
 36. Höfle U, Gamino V, de Mera IGF, et ál. Usutu Virus in Migratory Song Thrushes, Spain. *Emerg. Infect. Dis.* 2013; 19(7):1173-5.
 37. Medlock JM, Snow KR, Leach S. Possible ecology and epidemiology of medically important mosquito-borne arboviruses in Great Britain. *Epidemiol. Infect.* 2007; 135:466-82.
 38. Lozano A, Filipe AR. Anticuerpos frente a virus West Nile y otros virus transmitidos por artrópodos en la población del Delta del Ebro. *Rev. Esp. Salud Pública* 1998; 72:245-50.
 39. Bueno Marí R, Jiménez Peydró R. Malaria en España: aspectos entomológicos y perspectivas de futuro. *Rev. Esp. Salud Pública* 2008; 82:467-89.
 40. Santa-Olalla Peralta P, Vázquez-Torres MC, Latorre-Fandós E, et ál. First autochthonous malaria case due to *Plasmodium vivax* since eradication, Spain, October 2010. *Euro Surveill.* 2010; 15(41):pii=19684.
 41. Bueno-Marí R, Bernués-Bañeres A, Chordá-Olmos FA, Jiménez-Peydró R. Entomological surveillance in a recent autochthonous malaria area of Spain. *J. Vector Borne Dis.* 2012b; 49 (1):45-7.
 42. Andriopoulos P, Economopoulou A, Spanakos G, Assimakopoulos G. A local outbreak of autochthonous *Plasmodium vivax* malaria in Laconia, Greece—a re-emerging infection in the southern borders of Europe?. *Int. J. Infect. Dis.* 2013; 17(2):e125-8.
 43. Siraj AS, Santos-Vega M, Bouma MJ, et ál. Altitudinal changes in malaria incidence in highlands of Ethiopia and Colombia. *Science* 2014; 343(6175):1154-8.
 44. Ramsdale CD, Coluzzi M. Studies on the infectivity of tropical African strains of *Plasmodium falciparum* to some southern European vectors of malaria. *Parassitologia* 1975; 17:39-48.
 45. Gálvez R, Descalzo MA, Miró G, et ál. Seasonal trends and spatial relations between environmental/meteorological factors and leishmaniasis sand fly vector abundances in Central Spain. *Acta Trop.* 2010;115:95-102.
 46. González E, Jiménez M, Hernández S, et ál. Phlebotomine sand fly survey in the focus of leishmaniasis of Madrid, Spain (2012-2014): seasonal dynamics, *Leishmania infantum* infection rates and blood meal preferences. *Parasit Vectors* (en prensa).
 47. Trajer AJ, Bede-Fazeka A, Hufnagel L, et ál. The effect of climate change on the potential distribution of the European *Phlebotomus* species. *Applied Ecology and Environmental Research* 2013; 11(2):189-208.
 48. Rioux JA, Guilvard E, Gallego J, et ál. *Phlebotomus ariasi* Tonnoir, 1921 et *Phlebotomus perniciosus* Newstead, 1911 vecteurs du complexe *Leishmania infantum* dans un même foyer: infestations par deux zymodèmes syntopiques. IMEEE. Montpellier, 1986;439-444.
 49. Lucientes-Curdi J, Sanchez-Acedo C, Castillo-Hernández JA, Estrada-Peña A. Sobre la infección natural por *Leishmania* en *Phlebotomus perniciosus* Newstead, 1911 y *Phlebotomus ariasi* Tonnoir, 1921 en el foco de leishmaniasis de Zaragoza. *Rev Iber. Parasitol.* 1988; 48:7-8.
 50. Ashford R, Bettini S. Ecology and epidemiology: Old World, vol. I. Biology and epidemiology In: W. Peters and R. Killick-Kendrick (eds.). *The Leishmaniasis in Biology and Medicine*. London, UK: Academic Press. 1987. pp. 366-424.
 51. Prudhomme J, Rahola N, Toty C, et ál. Ecology and spatiotemporal dynamics of sandflies in the Mediterranean Languedoc region (Roquedur area, Gard, France). *Parasites & Vectors* 2015; 8:642.
 52. Fisher D, Thomas S, Beierkuhlein C. Modelling climatic suitability and dispersal for disease vectors: the example of a phlebotomine sand fly in Europe. *Procedia Environmental Sciences* 2011; 7:164-9.
 53. Killick-Kendrick R. The biology and control of Phlebotomine sand flies. *Clinics in Dermatology* 1999; 17:279-89.
 54. Antoniou M, Gramiccia M, Molian R, et ál. The role of indigenous phlebotomine sand flies and mammals in the spreading of leishmaniasis agents in the Mediterranean region. *Euro Surveill.* 2013; 18(30).
 55. Otranto D, Capelli G, Genchi C. Changing distribution patterns of canine vector borne diseases in Italy: leishmaniasis vs. Dirofilariosis. *Parasites & Vectors* 2009; 2(Suppl 1):S2.

56. Maroli M, Rossi L, Baldelli R, et ál. The northward spread of leishmaniasis in Italy: evidence from retrospective and ongoing studies on the canine reservoir and phlebotomine vectors. *Trop. Med. and Int. Health* 2008; 13(2):256-64.
57. Morosetti G, Bongiorno G, Beran B, et ál. Risk assessment for canine leishmaniasis spreading in the north of Italy. *Geospatial Health* 2009; 4(1):115-27.
58. Dereure J, Vanwambeje SO, Malé P, et ál. The potential effects of global warming on changes in canine leishmaniasis in a focus outside the classical area of the disease in Southern France. *Vector-borne and zoonotic diseases* 2009; 9:687-94.
59. Gálvez R, Descalzo MA, Guerrero I, et ál. Mapping the current distribution and predicted spread of the leishmaniasis sand fly vector in the Madrid region (Spain) based on environmental variables and expected climate change. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2011; 11(7):799-806.
60. Martín-Sánchez J, Morales-Yuste M, Acedo-Sánchez C, et ál. Canine leishmaniasis in Southeastern Spain. *Emerging Infectious Diseases* 2009; 15:795-8.
61. Colwell DD, Dantas-Torres F, Otranto D. Vector-borne parasitic zoonoses: emerging scenarios and new perspectives. *Vet. Parasitol.* 2011; 182(1):14-21.
62. Molina R, Jimenez M, Cruz I, et ál. The hare (*Lepus granatensis*) as potential sylvatic reservoir of *Leishmania infantum* in Spain. *Vet. Parasitol.* 2012; 190(1-2):268-71.
63. Arce A, Estirado A, Ordobás M, et ál. Re-emergences of leishmaniasis in Spain: community outbreak in Madrid, Spain, 2009 to 2012. *Euro Surveill.* 2013; 18(30): pii=20546.
64. Jiménez M, González E, Martín-Martín I, et ál. Could wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) be reservoirs for *Leishmania infantum* in the focus of Madrid, Spain? *Vet. Parasitol.* 2014; 202:296-300.
65. Dujardin JC, Campino L, Cañavate C, et ál. Spread of vector-borne diseases and neglect of Leishmaniasis Europe. *Emerg. Infect. Dis.* 2008; 14(7):1013-8.
66. Rispaill P, Dereure J, Jarry D. Risk zones of human leishmaniasis in the Western Mediterranean basin. Correlations between vector sand flies, bioclimatology and phytosociology. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2002; 97(4):477-83.
67. Ready PD. Leishmaniasis emergence in Europe. *Euro Surveill.* 2010; 15(10):11.
68. Christodoulou V, Antoniou M, Ntais P, et ál. Re-emergence of visceral and cutaneous leishmaniasis in the Greek Island of Crete. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2012; 12(3):214-22.
69. Antoniou M, Haralambous C, Mazeris A, et ál. *Leishmania donovani* leishmaniasis in Cyprus. *Lancet Infect. Dis.* 2008; 8(1):6-7.
70. Volf P, Peckova J. Sand flies and *Leishmania*: specific versus permissive vectors. *Trends Parasitol.* 2007; 23(3):91-2.
71. Depaquit J, Grandadam M, Fouque F, et ál. Arthropod-borne viruses transmitted by Phlebotomine sand flies in Europe: a review. *Euro Surveill.* 2010; 15(10):pii=19507.
72. Alkan C, Bichaud L, de Lamballerie X, et ál. Sandfly-borne phleboviruses of Eurasia and Africa: epidemiology, genetic diversity, geographic range, control measures. *Antiviral Res.* 2013; 100(1):54-74.
73. Maroli M, Feliciangeli MD, Bichaud L, et ál. Phlebotomine sand flies and the spreading of leishmaniasis and other diseases of public health concern. *Med. Vet. Entomol.* 2013; 27:123-47.
74. Sanbonmatsu S, Pérez-Ruiz M, Collao X, et ál. Toscana virus in Spain. *Emerging Infectious Diseases.* 2005; 11(11):1701-07.
75. Charrel RN, Gallian P, Navarro-Marí JM, et ál. Emergence of Toscana virus in Europe. *Emerging Infectious Diseases.* 2005; 11(11):1657-63.
76. Remoli ME, Jiménez M. Phleboviruses detection in *Phlebotomus perniciosus* from a human leishmaniasis focus in South-West Madrid region, Spain. *Parasites & Vectors* 2016:9:205.
77. Bichaud L, Souris M, Mary C, et ál. Epidemiologic relationship between Toscana virus infection and *Leishmania infantum* due to common exposure to *Phlebotomus perniciosus* sand fly vector. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2011; 5(9):e1328.
78. Randolph SE. Dynamics of tick-borne disease systems: minor role of recent climate change. *Rev. Sci. Tech.* 2008; 27(2):367-81.
79. Léger E, Vourc'h G, Vial L, et ál. Changing distributions of ticks: causes and consequences. *Exp. Appl. Acarol.* 2013; 59(1-2):219-44.
80. Estrada-Peña A. Ticks as vectors: taxonomy, biology and ecology. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)* 2015; 34(1):53-65.
81. Fontenille D, Jourdain F, Leger F, Perrin Y. Note relative à la distribution d'*Ixodes ricinus* en France ainsi qu'aux principaux facteurs susceptibles d'impacter la distribution et l'abondance de l'espèce en France métropolitaine. *Montpellier: Ministère des Affaires sociales et de la Santé*; 2013.
82. Lindgren E, Talleklint L, Polfeldt T. Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick *Ixodes ricinus*. *Environmental Health Perspectives* 2000; 108(2):119-23.
83. Estrada-Peña A, Venzal JM. Climate niches of tick species in the Mediterranean region: modelling of occurrence data, distributional constraints and impact of climate change. *J. Med. Entomol.* 2007; 44(6):1130-8.
84. Gray JS, Dautel H, Estrada-Peña A, et ál. Effects of climate change on ticks and tick-borne diseases in Europe. *Interdiscip. Perspect. Infect. Dis.* 2009; 2009:593232.
85. Randolph SE. Is expert opinion enough? A critical assessment of the evidence for potential impacts of climate change on tick-borne diseases. *Anim. Health Res. Rev.* 2013; 14(2):133-7.
86. Parola P, Socolovski C, Jeandjean L, et ál. Warmer weather linked to

- tick attack and emergence of severe Rickettsiosis. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2008; 2(11):e338.
87. Palomar AM, Portillo A, Eiros JM, Oteo JA. The risk of introducing Tick-Borne Encephalitis and Crimean-Congo Hemorrhagic Fever into Southwestern Europe (Iberian Peninsula). In *Virology II: Advanced Issues*. Hong Kong: iConceptPress; 2014.
 88. CCAES. Informes de situación y evaluación del riesgo: Dengue, Fiebre Hemorrágica de Crimea Congo, Fiebre del Nilo Occidental, Fiebre del Valle del Rift, Leishmaniasis, Paludismo, Tularemia. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Varios años.
 89. Estrada-Peña A, de la Fuente J. The ecology of ticks and epidemiology of tick-borne viral diseases. *Antiviral Research* 2014; 108:104-28.
 90. Gratz N. The vector and rodent borne diseases of Europe and North America: their distribution and public health burden. New York, US: Cambridge University Press. 2006.
 91. Barandika JF, Hurtado A, G-Sanmartín J, et ál. Prevalence of tick-borne zoonotic bacteria in questing adult ticks from Northern Spain. *Vector-borne and zoonotic diseases*. 2008; 8(6):829-35.
 92. Bonet E, Guerrero A, Cuenca M, Gimeno F. Incidencia de la enfermedad de Lyme en España. *Med.Clin. (Barc)* 2016; 147(2):88-9.
 93. Socolovschi C, Mediannikov O, Raoult D, Parola P. Update on tick-borne bacterial diseases in Europe. *Parasite* 2009; 16:259-73.
 94. Oteo JA, Portillo A. Tick-borne rickettsioses in Europe. *Ticks Tick Borne Dis.* 2012; 3(5-6):271-8.
 95. Toledo A, Olmeda S, Escudero R, et ál. Tick-Borne zoonotic bacteria in ticks collected from Central Spain. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2009; 81(1): 67-74.
 96. Wenzel RP. A new hantavirus infection in North America. *N. Engl. J. Med.* 1994; 330(4):1004-5.
 97. World Health Organization. WHO Guidelines on tularaemia. Geneva: WHO; 2007. 115 pp.
 98. López-Vélez R, Molina R. Cambio climático en España y riesgo de enfermedades infecciosas y parasitarias transmitidas por artrópodos y roedores. *Rev. Esp. Salud Pública* 2005; 79(2):177-90.
 99. Gage KL, Burkot TR, Eisen RJ, Hayes EB. Climate and vectorborne diseases. *Am. J. Prev. Med.* 2008; 35(5):436-50.