

# CAMBIO CLIMÁTICO Y ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES Y ROEDORES

GUÍA PARA PROFESIONALES



**osman**  
Observatorio de Salud y  
Medio Ambiente de Andalucía

**A** Escuela Andaluza  
de Salud Pública  
Consejería de Salud y Familias

**A**  
**Junta de Andalucía**  
Consejería de Salud y Familias

Dirección General de Salud Pública y Ordenación Farmacéutica

## AUTORÍA

Ricardo Molina

Laboratorio de Entomología Médica. Centro Nacional de Microbiología. Instituto de Salud Carlos III

Javier Lucientes

Departamento de Patología Animal (Sanidad Animal). Instituto de Investigación Agroalimentario de Aragón IA2.  
Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza

Rubén Bueno

Departamento de Investigación y Desarrollo (I+D). Laboratorios Lokímica

Eusebio de las Heras

Naturalia Naturaleza Urbana, S.A.

Andrés Iriso

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

## AGRADECIMIENTOS

Jesús de la Osa

## REVISIÓN EXTERNA

María Jesús Gracia

Departamento de Patología Animal. Área Sanidad Animal. Facultad de Veterinaria

José M<sup>a</sup> Ordóñez Iriarte

Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid

## EDICIÓN

Clara Bermúdez Tamayo

Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía. OSMAN.

Escuela Andaluza de Salud Pública.

Ciber de Epidemiología y Salud Pública (CIBERSEP).

ibs.GRANADA Instituto de Investigación Biosanitaria.

Marina Lacasaña

Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía. OSMAN.

Escuela Andaluza de Salud Pública.

Ciber de Epidemiología y Salud Pública (CIBERSEP).

ibs.GRANADA Instituto de Investigación Biosanitaria.

Fecha: Diciembre 2021

ISBN: 978-84-09-37218-8

Maquetación: Ana Tamayo

Se recomienda citar este documento como:

Molina R, Lucientes J, Bueno R, De las Heras E, Iriso A: Cambio Climático y Enfermedades Transmitidas por Vectores. Guía para profesionales. Granada: Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía OSMAN Escuela Andaluza de Salud Pública. Dirección General de Salud Pública y Ordenación Farmacéutica. Consejería de Salud y Familias; 2021. 33 p

Declaración de interés de los autores: Ninguno derivado de los contenidos de esta Guía.

# CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| Presentación  | 4  |
| Resumen/Summary   | 7  |
| 1. Introducción   | 8  |
| 2. Efectos del cambio climático en las enfermedades vectoriales | 10 |
| 3. Enfermedades transmitidas por vectores y roedores            | 14 |
| 3.1 Enfermedades transmitidas por mosquitos                     | 14 |
| 3.2 Enfermedades transmitidas por flebotomos                    | 15 |
| 3.3 Enfermedades transmitidas por garrapatas                    | 18 |
| 3.4 Enfermedades transmitidas por roedores                      | 22 |
| 4. Conclusiones   | 26 |
| 5. Recomendaciones  | 28 |
| 6. Fuentes recomendadas   | 30 |
| 7. Bibliografía   | 30 |

# PRESENTACIÓN

Entre las acciones prioritarias del Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía ([www.osman.es](http://www.osman.es)), se encuadra la elaboración de guías temáticas, de gran utilidad para los profesionales sanitarios y para los de sanidad ambiental, con objeto de orientarles en sus acciones y programas de promoción, prevención y protección de la salud de la población. En este contexto se enmarca la presente Guía “Cambio climático y enfermedades transmitidas por vectores y roedores”, un documento elaborado por expertos en el que se recopila la evidencia científica disponible hasta la actualidad sobre el tema, incluyendo recomendaciones en el ámbito de la salud pública.

El cambio climático (CC) es la crisis de salud definitoria de nuestro tiempo, no solo por el incremento en la morbilidad ocasionada por los fenómenos meteorológicos extremos, sino por los efectos de los cambios en los sistemas sociales y ecosistemas. Algunos factores medioambientales como las temperaturas y el régimen de lluvias, entre otros, influyen sobre la distribución y dinámica poblacional de vectores, patógenos, reservorios y hospedadores, que ha llevado a una modificación en los patrones epidemiológicos de enfermedades vectoriales en los últimos años. Andalucía es un territorio especialmente sensible esta problemática no solo por el impacto significativo del CC en la región, sino además por la gran variedad de especies que viven en humedales, distribuidos por toda la geografía, compartiendo hábitats con aves que pueden hospedar virus autóctonos o importados de las áreas geográficas que visitan durante su migración.

La presente guía describe de manera detallada cómo influye el CC en la biología de los principales vectores de nuestro entorno y las enfermedades transmitidas por mosquitos, flebotomos, garrapatas y roedores. Se proponen también siete actuaciones prioritarias en el ámbito de la salud pública para conseguir la identificación de los riesgos y la prevención de las enfermedades vectoriales, así como la gestión eficaz de los brotes.

Las actuaciones prioritarias que señala el documento se apoyan en el enfoque One Health (una sola salud o salud única), evidenciando la necesidad de un abordaje colaborativo, multisectorial y multidisciplinar, en los ámbitos local, regional y global. Esta perspectiva reconoce que la salud de las personas está estrechamente relacionada con la salud de los animales y del entorno compartido. Las recientes epidemias confirmaron que los riesgos también están relacionados con la capacidad de respuesta no solo del Sistema Sanitario, sino de los profesionales y de la población donde se produce la aparición de enfermedades, imprescindibles para movilizar eficazmente las contramedidas que contengan la propagación. En este sentido, esta guía pretende avanzar en la transferencia de conocimientos a los profesionales, hacia una mejor adaptación y respuesta a los retos actuales y futuros en esta temática.

Clara Bermúdez Tamayo

*Directora Técnica del Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía*





## RESUMEN

En las últimas décadas se están detectando alteraciones en la biología, en los ciclos vitales y en la distribución geográfica de los artrópodos y reservorios animales implicados en la transmisión de enfermedades vectoriales. Asimismo, la llegada de nuevos vectores invasores exóticos y su establecimiento y expansión en nuestro entorno, está generando nuevos riesgos para la salud pública. Esta dinámica parece estar relacionada con las alteraciones en los patrones estacionales e incidencia de las enfermedades transmitidas por vectores, que se viene observando en España y el resto de Europa en los últimos años.

En estos procesos influyen de forma importante, además del cambio climático, otros factores como los cambios en los usos del suelo, la globalización de los viajes, del turismo y el comercio, la urbanización, los cambios en la morfología urbana, así como el incremento del uso de los espacios naturales. En España se prevé que los efectos del cambio climático sean especialmente intensos por encontrarse gran parte de los vectores y patógenos en su límite de distribución y ser, por ello, especialmente sensibles a los cambios en las variables climáticas. La cercanía de África facilita, además, la entrada de nuevos vectores y patógenos procedentes de este continente. Es preciso poner en marcha estrategias que tengan como objetivo la identificación de los riesgos y la prevención de las enfermedades transmitidas por vectores, reforzando la coordinación territorial, a nivel municipal, autonómico y nacional, y también sectorial, entre las instituciones implicadas en la salud animal y humana y en el medio ambiente, así como con universidades y centros de investigación.

**Palabras clave:** *arbovirosis, cambio climático, enfermedad de transmisión vectorial, enfermedades emergentes, vectores, zoonosis.*

## SUMMARY

In the last decades, alterations in the biology, life cycles and geographical distribution of arthropods and animal reservoirs involved in the transmission of vector diseases have been detected. Likewise, the arrival of new exotic invasive vectors and their establishment and expansion in our environment is generating new risks for public health. This dynamic also seems to produce alterations in the seasonal patterns and incidence of vector-borne diseases, which have been observed in Spain and the rest of Europe in recent years.

In addition to climate change, other factors such as changes in land use, globalization of travel, tourism and trade, urbanization, changes in urban morphology, as well as the increasing use of natural spaces, are in the origin of this behaviour. In Spain, the effects of climate change are expected to be especially intense since most of the vectors and pathogens are found in their distribution limits and are, therefore, especially sensitive to changes in climatic variables. The proximity of Africa also facilitates the entry of new vectors and pathogens from this continent.

Strategies aiming to identify risks and prevent vector-borne diseases must be put in place, reinforcing territorial coordination, at the municipal, regional and national levels, and at the sectoral level, among the institutions involved in animal health, public health, and the environmental administration, as well as with universities and research centers.

**Keywords:** *arbovirosis, climate change, vector-borne diseases, emergent diseases, vectors, zoonosis.*

# 1. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades infecciosas son causadas por microorganismos patógenos como bacterias, virus y parásitos. Estas enfermedades pueden transmitirse bien directamente, de una persona a otra o, bien indirectamente, con la participación de un animal que actúa como reservorio (zoonosis) o de un vector (enfermedades de transmisión vectorial).

Las zoonosis representan más del 60% de las enfermedades infecciosas y más del 75% de las consideradas emergentes<sup>1</sup>, aquellas descubiertas recientemente o cuya incidencia está aumentando en los últimos años. Se trata de enfermedades con gran potencial pandémico como es el caso de los virus del Ébola, la gripe aviar o los coronavirus como el SARS-COV-2. En esta guía se tratarán de forma específica las enfermedades transmitidas por roedores, dada su importancia y la influencia que el cambio climático tiene en estos animales y en las enfermedades que transmiten.

Las enfermedades vectoriales, por una parte, son transmitidas por artrópodos hematófagos, principalmente, mosquitos, garrapatas y flebotomos. La transmisión se produce cuando estos vectores ingieren los microorganismos patógenos al alimentarse de un hospedador infectado, persona o animal, y los transmiten posteriormente a otro hospedador, al alimentarse de nuevo, una vez que se ha replicado el patógeno en el interior del vector.

La mayor parte de las enfermedades vectoriales presentan un ciclo complejo (figura 1) en el que están implicados aves, roedores y otros vertebrados como hospedadores. En el medio natural la enfermedad se transmite en un ciclo en el que participa un vector y un reservorio natural en lo que se denomina ciclo enzoótico. La exposición ocasional del ser humano puede dar lugar a casos esporádicos de la enfermedad, en lo que se conoce como desbordamiento (“spillover”).

En ocasiones, se puede producir un ciclo urbano en el que la transmisión se produce entre personas, como en el caso del dengue o el chikungunya, o por intermediación de un reservorio, como en la leishmaniasis o el virus del Nilo occidental.

Los vectores y reservorios animales tienen una gran dependencia de las variables climáticas, en particular de la temperatura y de la precipitación, y cambios en estas variables pueden provocar alteraciones en su comportamiento y actividad, así como modificaciones en su distribución geográfica, tanto en latitud como en altitud. Se considera, por ello, que el cambio climático puede producir importantes alteraciones en el patrón epidemiológico de las enfermedades de transmisión vectorial, tanto de su manifestación estacional (fenología), ampliando o reduciendo los periodos de transmisión, como territorial, modificando las áreas en las que se manifiesta. El cambio climático puede facilitar, asimismo, la llegada de especies exóticas invasoras como ocurre con el mosquito tigre (*Aedes albopictus*), así como de patógenos propios de otras áreas como el dengue, el chikungunya, el virus del Nilo occidental o el virus de la fiebre de Crimea-Congo.

En cualquier caso, la intensidad y extensión de los efectos ocasionados por el cambio climático presentan en la actualidad importantes incertidumbres. Si bien es cierto que se observan cambios en la distribución de los vectores y aumentos en la incidencia de algunas enfermedades, en las que está implicado el cambio climático, es difícil discriminar este efecto del de otros factores que también condicionan la aparición de estas enfermedades.

La globalización de los intercambios y el comercio, los profundos cambios demográficos y la urbanización creciente, la generalización de los viajes y el turismo, la deforestación y explotación de los recursos y los cambios en los usos del suelo, así como la modificación de los patrones de comportamiento humano, son algunos de estos factores<sup>2</sup>.

Las enfermedades vectoriales tienen un gran impacto en la salud pública global y suponen una carga económica significativa en los países afectados. Según la OMS las enfermedades vectoriales representan aproximadamente el 17% de todas las enfermedades infecciosas y cada año provocan unas 700.000 muertes<sup>3</sup>. Ocurren principalmente en las regiones tropicales y subtropicales, no obstante, los países de Europa son

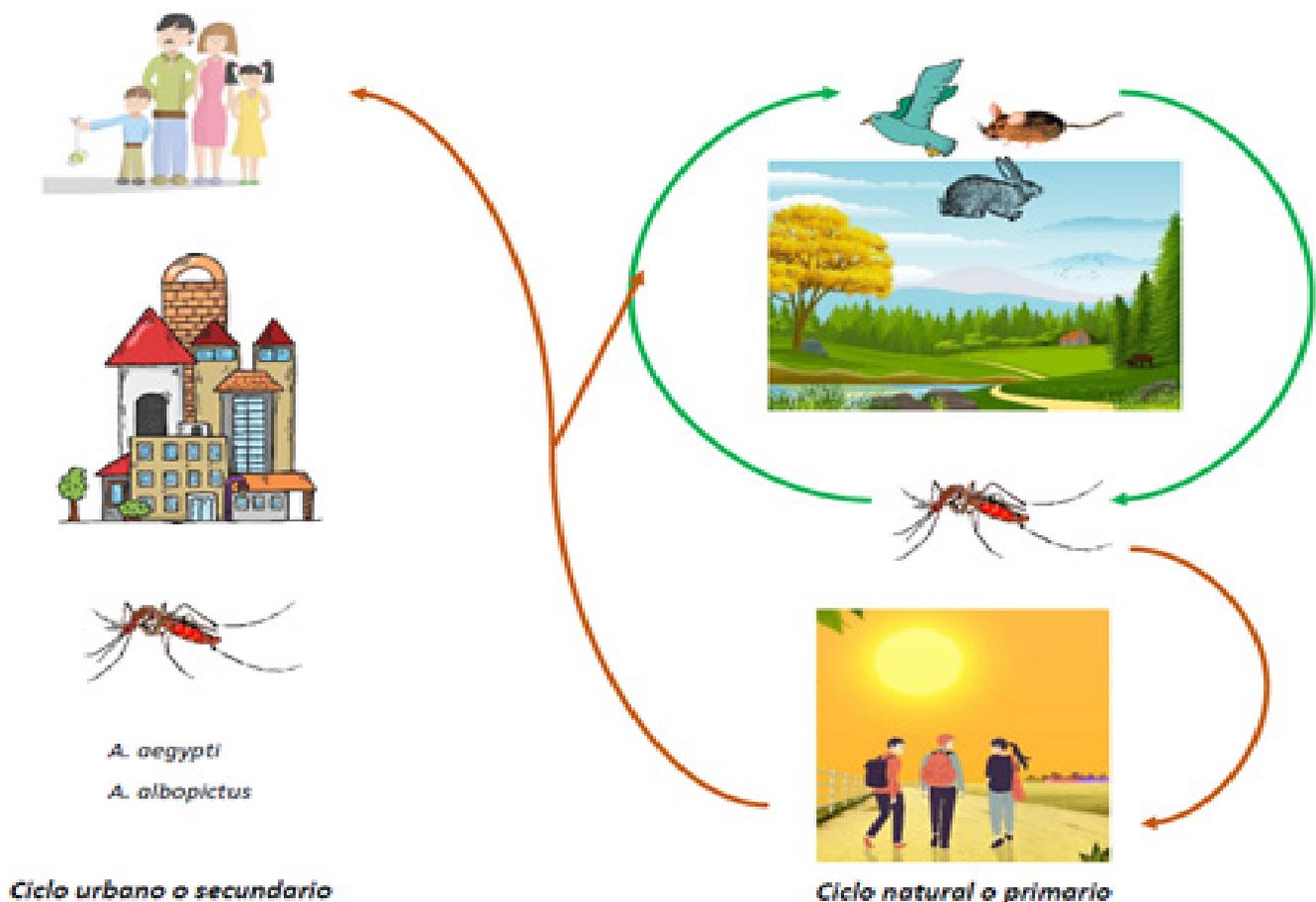
cada vez más vulnerables. En cualquier caso, el impacto de estas enfermedades en nuestro entorno va a venir condicionado, de forma significativa, por las infraestructuras de salud pública y la capacidad de control de estos vectores.

En los últimos años se ha producido en Europa un aumento en la incidencia de algunas enfermedades vectoriales como la leishmaniasis, la borreliosis de Lyme, la encefalitis transmitida por garrapatas, el virus del Nilo occidental y se han dado brotes de enfermedades tropicales como el dengue y el chikungunya. España, como el resto de los países mediterráneos, es especialmente vulnerable al cambio climático y en los últimos años se ha producido una importante alteración

del patrón epidemiológico de las enfermedades transmitidas por vectores. Se puede destacar, en este sentido, el aumento de la incidencia de la leishmaniasis desde 2010, la aparición de casos de fiebre hemorrágica de Crimea-Congo a partir de 2016, de dengue en 2018, y de encefalitis por el virus del Nilo occidental en 2020.

La gran cantidad de actores y factores que intervienen en las enfermedades transmitidas por vectores requiere la plena cooperación de los sectores de la sanidad animal, la salud humana y el medio ambiente, por lo que se hace necesario un enfoque integrador, como el concepto de “Una Sola Salud” (One Health).

Figura 1. Ciclo enfermedad vectorial



## 2. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ENFERMEDADES VECTORIALES

Los artrópodos vectores de enfermedades son seres vivos que denominamos de sangre fría (ectotérmicos) porque su metabolismo no les permite mantener una temperatura constante y dependen de la temperatura del ambiente donde se encuentran. Tanto su actividad vital (alimentación, reproducción, desplazamiento) como su ciclo biológico están directamente condicionados por esta temperatura ambiental. 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 entre los 20 y 30 °C son las más adecuadas para sus funciones vitales. 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. Los patógenos que transmiten ya sean, virus, bacterias o parásitos, también están directamente relacionados con la temperatura para su multiplicación en el vector, es el denominado periodo de incubación extrínseco.

Esta dependencia vital de la temperatura hace que el fenómeno del cambio climático influya de forma directa sobre su biología y, de este modo, en las enfermedades que pueden transmitir.

En las últimas décadas el impacto de las actividades humanas han incrementado las temperaturas que influyen de forma directa sobre estos artrópodos vectores y las enfermedades que transmiten. En España se ha producido una elevación general de la temperatura media anual de 1,7 °C desde la época preindustrial, especialmente intensa a partir de la década de los años 70 del siglo pasado. Este aumento es más apreciable en primavera y sobre todo en verano. También se ha comprobado un incremento significativo de los días con temperaturas medias superiores a 25 °C, indicador de tendencia de olas de calor, y de noches tropicales con temperaturas mínimas superiores a 20 °C. En los escenarios previstos para este siglo XXI se espera un incremento de 0,4 °C por década en invierno y de 0,6 a 0,7 °C en verano<sup>4</sup>.

Seguramente el efecto mejor conocido es el aumento del periodo de actividad. Los mosquitos,

pulgas o garrapatas cesan su actividad cuando llega el invierno. Incluso desaparecen debido a las temperaturas cercanas o menores de cero grados. Las temperaturas más benignas que estamos teniendo en los meses invernales han favorecido el adelantamiento del inicio de su actividad mucho antes de lo habitual, y sobre todo que se retrase el momento de su cese, llegando en ocasiones, en zonas del sur de la Península, a estar activos durante todo el año, alargando de forma considerable el periodo de transmisión de enfermedades. Este clima menos extremo que estamos teniendo estas últimas décadas, les ha permitido colonizar zonas en las que las bajas temperaturas les impedían sobrevivir y de esa manera están progresando en altitud en las cordilleras montañosas, llegando por ejemplo los flebotomos a estar presentes en zonas del Pirineo por encima de los 2000 metros y facilitando la aparición de enfermedades en esas zonas. Este sería otro de los efectos del cambio climático, la extensión de las áreas de distribución de los vectores y, de esta forma, el aumento de las zonas donde pueden aparecer casos de las enfermedades que transmiten. En estudios recientes se ha comprobado que en estos momentos se encuentran especies de flebotomos con capacidad de transmitir la leishmaniasis en toda la Península Ibérica y las Islas Baleares, incluso en las zonas de alta montaña<sup>5,6</sup>.

Los fríos invernales actúan también como método de control de sus poblaciones. No solo impiden que se desarrollen sus ciclos biológicos, sino que incluso las temperaturas bajo cero pueden destruir una parte importante de las poblaciones de artrópodos. Estas heladas persistentes son cada vez más limitadas en su duración y menos generalizadas, por lo que la mortalidad asociada a las bajas temperaturas es cada vez más reducida. El primer efecto es que sobreviven cada vez en mayor número a las temperaturas invernales, haciendo posible que existan más generaciones a lo largo del año.

La reciente expansión de mosquitos invasores exóticos en nuestro país también se ve favorecida por

este aumento en las temperaturas, permitiendo que encuentren hábitats con condiciones adecuadas para la realización de sus ciclos biológicos, adaptándose progresivamente incluso a las nuevas situaciones climáticas, lo que les ha permitido sobrevivir en ambientes más fríos en invierno.

La transmisión de enfermedades también está siendo favorecida por el cambio climático. Los patógenos son seres vivos que también dependen de la temperatura para multiplicarse, por lo que el aumento progresivo de las temperaturas facilita que se multipliquen de una forma más precoz en sus vectores facilitando la aparición más temprana de estas enfermedades y, sobre todo, ampliando el periodo de transmisión incluso a los meses invernales, antes de que se produzcan las caídas importantes de temperatura. Las temperaturas también influyen en la cantidad de replicaciones que se producen dentro de sus vectores, por lo que no solo se amplía el periodo de transmisión, sino que la cantidad de estos patógenos que se pueden transmitir en cada picadura aumenta considerablemente, sobre todo en los virus. En el caso de los parásitos, como es el caso de *Leishmania spp.*, se acorta considerablemente su ciclo intravectorial dentro del flebotomo.

Se ha comprobado que en determinados casos las temperaturas más elevadas resecan el aire donde viven estos vectores disminuyendo la humedad ambiental, lo que hace que para mantener sus necesidades vitales mínimas necesiten ingerir líquidos con mayor frecuencia, aumentando el número de veces que pican y favoreciendo, de esta forma, el riesgo de transmisión de enfermedades.

Las temperaturas invernales más suaves permiten la supervivencia durante los meses más fríos de algunos ejemplares de ciertas especies de artrópodos que se encuentran en ambientes más protegidos, como dentro de las construcciones humanas o en cuevas o madrigueras. Si estos vectores se han infectado justo antes de empezar su periodo de hibernación, los patógenos pueden permanecer en sus órganos con su capacidad infectante intacta durante todo este periodo de letargo invernal. De tal manera que cuando las

temperaturas sean adecuadas y reinicien su actividad, serán capaces de transmitir estos agentes patógenos originando enfermedades incluso en periodos donde apenas hay vectores volando. Es lo que se conoce como *overwintering*, ventana invernal o hibernación de la enfermedad<sup>7</sup>.

Otro tema importante es la especificidad de los vectores. No todos los artrópodos que ingieren sangre están capacitados para transmitir todo tipo de patógenos. Solo determinadas especies de mosquitos o de flebotomos o de cualquier otro vector pueden transmitir cada tipo de enfermedad. No obstante, lo que se ha visto a nivel experimental es que el aumento de las temperaturas puede capacitar a otras especies para transmitir esas enfermedades, ampliando el riesgo de transmisión en zonas donde los vectores específicos no existen o son poco abundantes. Parece que el aumento de la temperatura modifica los receptores de estos patógenos en el digestivo del artrópodo, permitiéndoles su fijación en las células intestinales y su posterior multiplicación y diseminación hasta las piezas bucales, al igual que en los vectores habituales.

El aumento de temperaturas también tiene aspectos positivos en cuanto a la transmisión de enfermedades y es que se acelera el metabolismo de los artrópodos, haciéndoles envejecer de forma más rápida y acelerando su muerte. Es decir, su vida media puede disminuir, aunque esto es, en gran medida, compensado con un incremento de sus poblaciones y de su capacidad vectorial. En cuanto a sus hábitats, a algunas especies les resulta imposible desarrollarse en zonas progresivamente más áridas, pudiendo llegar a desaparecer, pero se ha comprobado, en el caso de mosquitos que transmiten la malaria, o de moscas tsé-tsé que vehiculan las tripanosomiasis africanas, que este nicho que dejan vacío es ocupado por otras especies mejor adaptadas a ambientes más secos. En consecuencia, no se interrumpe la transmisión de las enfermedades, sino que se produce un cambio en las especies implicadas.

De forma creciente, la población humana está tendiendo a concentrarse en las grandes ciuda-

des. Estos ambientes urbanos parecería que son menos apropiados para la presencia de estos artrópodos vectores, pero determinadas especies se han adaptado a estos hábitats menos naturales, siendo algunas de ellas buenas vectoras de enfermedades. Las ciudades, debido al fenómeno que se conoce como *islas térmicas urbanas*, están agravando el efecto del cambio climático en su interior, generando un aumento de las temperaturas más elevado que el de los ambientes naturales y rurales donde suelen habitar estos vectores. La consecuencia más directa es un aumento en el periodo de actividad anual dentro de las ciudades. Se ha comprobado también la colonización de ciudades, en latitudes situadas más al norte del área conocida de distribución del vector. De hecho, algunos flebotomos vectores de leishmaniasis están detectándose en grandes ciudades de Europa, como París o Budapest, pero no se identifican en entornos no urbanos en esas zonas<sup>8</sup>. Por otra parte, en ambientes áridos mediterráneos, donde la humedad ambiental es muy baja y perjudicial para estos artrópodos, son precisamente las zonas habitadas, donde se hace un uso del agua más abundante, tanto a nivel privado como público, espacios en los que se favorece la creación y el mantenimiento de lugares de cría de estas especies, permitiendo su presencia continuada, incluso abundante, durante todo su periodo de actividad.

En las ciudades, los lugares de reposo y cría de los vectores están muchas veces asociados a las zonas ajardinadas con abundante vegetación y fuentes o estanques, con un aspecto más natural, sin embargo algunas especies de mosquitos y de flebotomos, se encuentran adaptadas a realizar su reposo diurno y localizar sus lugares de cría, si reúnen las condiciones adecuadas, en cuevas y ma-

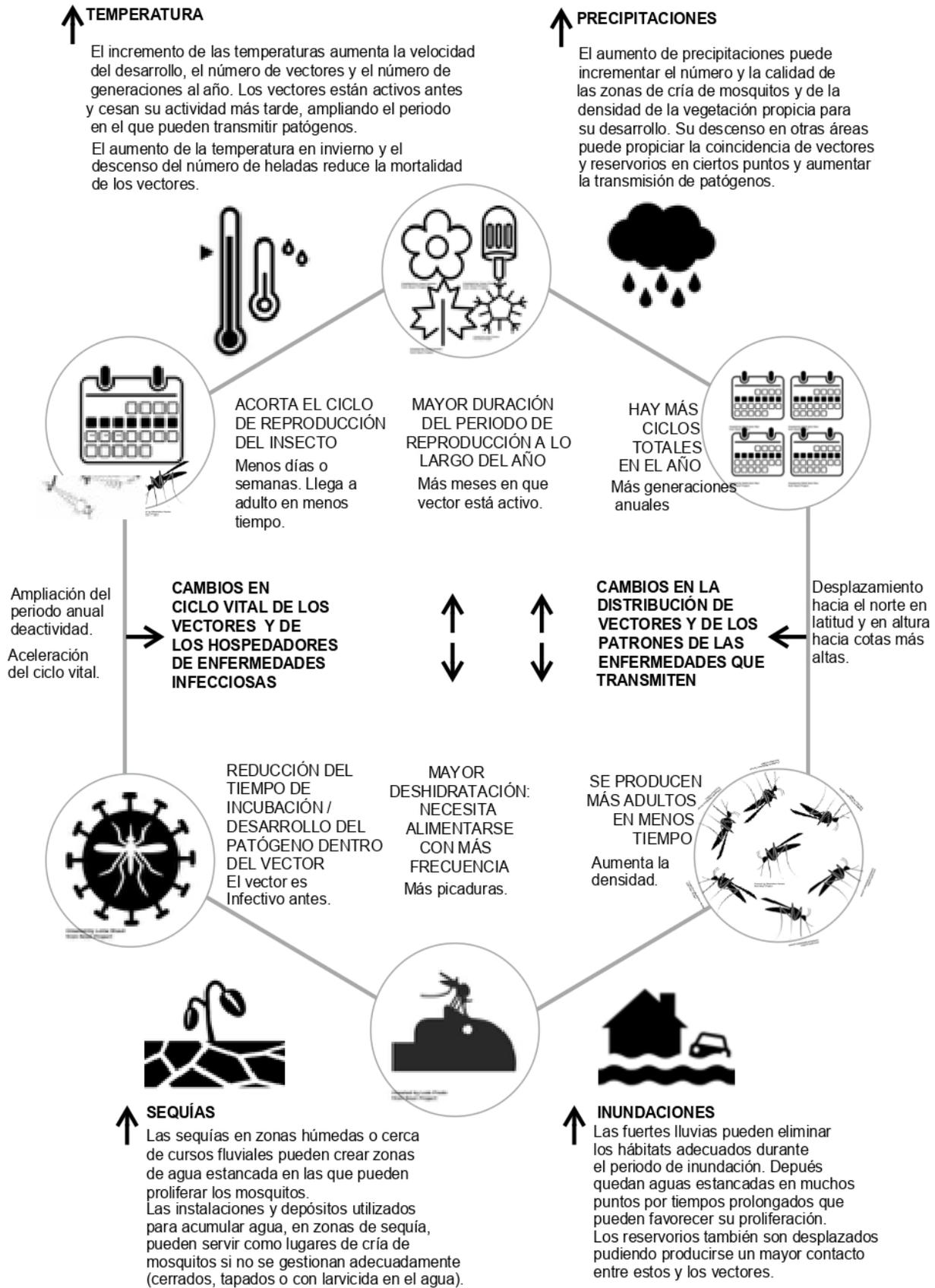
drigueras de animales, por lo que las ciudades les ofrecen un hábitat óptimo muy abundante, incluso en zonas donde no hay vegetación, en infraestructuras como las alcantarillas, donde, además, encuentran una fuente de alimento abundante y de fácil acceso en las ratas que habitan en ellas.

El cambio climático, además del incremento medio de las temperaturas, va a producir dos fenómenos muy diferentes; por un lado, un descenso paulatino de la pluviometría media anual y por otro, la aparición de fenómenos extremos, con un incremento de la frecuencia y la intensidad de periodos de sequía y de concentración de las precipitaciones en pocas horas, dando lugar a inundaciones<sup>4</sup>. Estos episodios tienen un efecto potencial sobre las poblaciones de vectores, sobre todo de mosquitos, en unos casos aumentando el número y la calidad de los sitios de cría y en otros, disminuyéndolos, e incrementando, de esta forma, el contacto entre los vectores y sus reservorios y el riesgo de transmisión.

Finalmente es preciso considerar el efecto que tendrá el ascenso del nivel del mar, que podría producir un desplazamiento hacia el interior de las poblaciones de vectores, fundamentalmente mosquitos, conforme van perdiendo hábitat y lo recuperan según se modifica la línea de costa.

En la siguiente infografía se resumen los efectos del cambio climático sobre las enfermedades de transmisión vectorial.

## COMO PUEDE AFECTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO A LOS VECTORES DE ENFERMEDADES INFECCIOSAS



Fuente: De la Osa J. Cambio climático y salud. Observatorio de Salud y Medio Ambiente. DKV Seguros. ECODES 2016. Modificado a partir del original con permiso del autor.

## 3. ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES Y ROEDORES

Se describen en este capítulo las enfermedades transmitidas por vectores y roedores que, según las estimaciones actuales, pueden verse más afectadas por el cambio climático, tanto en cuanto a su distribución geográfica y patrón estacional, como respecto a la tasa de incidencia sobre la salud humana.

### 3.1. Enfermedades transmitidas por mosquitos

Los mosquitos son, probablemente, uno de los grupos de insectos de trascendencia en la Salud Pública más beneficiados por los efectos del cambio climático. En España, gracias en parte también a la globalización, especies de mosquitos de origen tropical, como *Aedes albopictus* (mosquito tigre), se encuentran perfectamente establecidas en buena parte del territorio peninsular y Baleares. Otro mosquito invasor, *Aedes japonicus*, viene expandiéndose con fuerza en los últimos años por el norte de España. El incremento generalizado de las temperaturas medias facilita además que hoy en día sea común encontrarse con episodios de importante proliferación de mosquitos en épocas primaverales, otoñales e incluso invernales en buena parte del sur y este peninsular.

Adicionalmente a los efectos directos y evidentes del incremento de temperaturas sobre la velocidad en el desarrollo del ciclo biológico de los mosquitos, el aumento en la frecuencia de los episodios de fuertes precipitaciones, que también son característicos del proceso de cambio climático, facilita asimismo la culminación de dichos ciclos reproductivos de los insectos. Aguas estancadas y temperaturas elevadas son el cóctel perfecto para generar problemas por mosquitos en el territorio, siempre y cuando no existan medidas correctoras aplicadas en el ambiente, como programas de control vectorial o presencia de fauna auxiliar que ejerza un papel notable en el control natural de las poblaciones larvarias de los mosquitos (p. ej.: peces larvívoros).

Diferentes especies de mosquitos presentan distintos comportamientos y también son capaces de transmitir distintos tipos de patógenos. Por ello, es esencial, al hablar de una enfermedad transmitida por mosquitos, que se precise la especie o especies diana que se encuentran detrás de dicho proceso de transmisión, puesto que las medidas de control vectorial que deban implementarse diferirán según cada caso.

#### Virus del Nilo occidental

El virus del Nilo occidental (VNO), causante de la fiebre del Nilo occidental, es un arbovirus zoonótico emergente de origen africano, aunque ya ampliamente extendido en diferentes continentes incluyendo también Europa, que se considera, en la actualidad, endémico en nuestro país. El ciclo primario o natural se mantiene de forma habitual entre diferentes especies de mosquitos y aves, siendo los mosquitos del género *Culex* sus principales vectores. El ciclo secundario o accidental se origina cuando hembras de mosquitos infectadas pican a otros vertebrados más allá de las aves, siendo los équidos y humanos algunos de los más comúnmente afectados. Estos mamíferos, al presentar una viremia muy baja y corta en el tiempo, no se consideran adecuados hospedadores amplificadores y por tanto son denominados hospedadores de “fondo de saco”. Habitualmente las infecciones en el ser humano suelen ser asintomáticas, pero en un reducido porcentaje del 1-2% de los casos pueden darse casos clínicos graves, vinculados con afectaciones neurológicas y cerebrales.

El año 2020 marcó sin duda un punto de inflexión en el impacto del VNO en España, al diagnosticarse 77 casos humanos en nuestro país<sup>9</sup> con un claro epicentro en Andalucía (71) y en menor medida en Extremadura (6). Las especies focales detrás de la transmisión fueron probablemente *Culex pipiens* y *Culex perexiguus*, habida cuenta de las densidades poblacionales detectadas y la presencia constatada de abundantes lotes positivos al VNO de ambas especies en algunas de las zonas de transmisión.

## Dengue, Zika y Chikungunya

Los virus dengue (VDEN), Zika (VZIKA) y chikungunya (VCHIK), desde el enfoque de los ciclos de transmisión y las estrategias de lucha antivectorial, pueden agruparse como las arbovirosis urbanas transmitidas por mosquitos *Aedes* más relevantes en la actualidad. Desde el establecimiento en nuestro país de *Ae. albopictus*, vector secundario de dichas arbovirosis, (el vector principal es *Aedes aegypti*, especie erradicada de nuestro país hacia los años 50 del pasado siglo), el riesgo de transmisión en España es una realidad. Tanto es así que durante 2018 y 2019 se diagnosticaron en España un total de 6 casos de transmisión autóctona de VDEN en territorios con elevada densidad de *Ae. albopictus*<sup>10</sup>.

Ante la ausencia de otras medidas profilácticas más allá de la autoprotección con repelentes y la inexistencia de herramientas farmacológicas, como vacunas o medicación que elimine o limite la fase virémica en los pacientes, las estrategias de control vectorial se postulan como las intervenciones ambientales de mayor impacto en la reducción de riesgos de transmisión. Por ello, el desarrollo y ejecución de rápidas, precisas y enérgicas medidas de control vectorial, comúnmente denominadas “bloques entomológicos”, ante el diagnóstico o sospecha de casos importados o autóctonos de VDEN, VZIKA o VCHIK, es absolutamente prioritario en nuestro país. En términos generales, la redistribución mundial y la expansión de estas arbovirosis transmitidas por mosquitos aedinos, auspiciadas por el cambio climático, es un fenómeno claramente aceptado por la comunidad científica<sup>11</sup>.

## Malaria o paludismo

Si hay una enfermedad transmitida por mosquitos de la que conocemos bien su posible grado de implantación en nuestro territorio, debido al impacto que tuvo en el pasado, esta es la malaria o paludismo. Esta enfermedad parasitaria fue endémica en España hasta mediados del siglo pasado. Es transmitida por mosquitos del género *Anopheles* y se considera eliminada oficialmente del territorio nacional desde 1964. A diferencia de las arbovirosis anteriores, en el caso de la malaria sí existen herramientas farmacológicas eficaces para la lucha frente al parásito. De

hecho, podemos afirmar que las campañas anti-palúdicas fueron el primer ejemplo en nuestro país de una estrategia de control y eliminación de una enfermedad, debidamente organizada y planificada en base a criterios epidemiológicos, entre los que destacaba la búsqueda activa de pacientes y su control farmacológico, junto con acciones complementarias de saneamiento del medio, incluyendo el control vectorial.

Los anofelinos vectores del paludismo siguen estando presentes en nuestro territorio en la mayoría de las antiguas zonas endémicas, de modo similar a como lo estaban en el pasado, si bien es cierto que la alteración de hábitats y la crisis climática están favoreciendo ciertas modificaciones en su distribución y comportamiento. Uno de los factores más preocupantes del cambio climático desde el prisma nacional, sería que el incremento de temperaturas medias pudiese posibilitar que algunos plasmodios típicamente tropicales fueran capaces de desarrollarse en las poblaciones locales de nuestros mosquitos anofelinos. Entre estos plasmodios destaca el *Plasmodium falciparum*, la especie más letal y también la más frecuentemente importada a nuestro país por personas que proceden de viajes realizados a zonas endémicas. También cabe destacar que en los últimos años se han vuelto a diagnosticar varios casos autóctonos de malaria por *Plasmodium vivax* en España<sup>12</sup>.

## 3.2. Enfermedades transmitidas por flebotomos

Los flebotomos son dípteros de pequeño tamaño (2-3 mm) con el cuerpo recubierto de abundante pilosidad. Ponen sus huevos en lugares muy variados y dispersos, naturales y antrópicos, como madrigueras de animales, huecos de las raíces de árboles y arbustos, cuevas, grietas en el terreno y en muros, establos y corrales, leñeras, sótanos, alcantarillas, ruinas o vertederos, que son de muy difícil acceso para su control. Hay que resaltar que las fases larvianas y las pupas son terrestres y nada tienen que ver con las acumulaciones de agua.

Las alteraciones del régimen de temperaturas y precipitaciones debidas al cambio climático pueden provocar un aumento en su rango de distribución y abundancia, tanto en latitud como altitud, desde las áreas en las que se en-

cuentra establecido y, por consiguiente, de las enfermedades que transmiten. De otra parte, el acortamiento del desarrollo larvario y la ampliación del periodo anual en el que están activos (fenología), debido al aumento de la temperatura, pueden incrementar su capacidad vectorial.

Las diferentes especies de flebotomos son transmisoras de parásitos del género *Leishmania* y de varios virus pertenecientes al género *Phlebovirus*.

## Leishmaniasis

La leishmaniasis es una enfermedad endémica en los países del sur de Europa y otras áreas del mediterráneo que se manifiesta básicamente en dos formas clínicas, visceral, la más grave, y cutánea. Las diferentes formas clínicas dependen de la especie del parásito implicada, que en nuestro territorio es *Leishmania infantum*, y de la respuesta inmune de la persona infectada. La forma cutánea provoca la aparición de una pápula eritematosa que con frecuencia se ulcera. Generalmente, cura de forma espontánea, sin tratamiento, y confiere inmunidad. En la forma visceral se ven afectados, fundamentalmente, el bazo, el hígado y la médula ósea, y es mortal sin tratamiento en más del 90% de los casos. En ocasiones, pueden producirse formas mucocutáneas de la enfermedad con destrucción de mucosas.

El periodo de incubación de la leishmaniasis cutánea y mucocutánea en los seres humanos es de unos 2-3 meses, pero se pueden dar periodos de incubación cortos, de unas 2 semanas, o largos, de unos dos años. En la leishmaniasis visceral habitualmente es de 2 a 6 meses, pudiendo llegar a varios años. Esta enfermedad cursa con gran número de casos asintomáticos en los que el parásito puede quedar en forma latente y manifestarse más adelante. Todo ello, dificulta el diagnóstico y el conocimiento del verdadero impacto de esta enfermedad.

Como ya se ha mencionado, en España, las dos formas de la enfermedad están provocadas por la misma especie, *L. infantum*, actuando el perro como reservorio principal, además de algunos animales silvestres. Las especies implicadas en la transmisión en España son *Phlebotomus perniciosus* y *Phlebotomus ariasi*; siendo la primera la más frecuente y ampliamente distribui-

da en la península, encontrándose la segunda en áreas del norte y este peninsular y a mayor altitud, ya que prefiere ambientes más fríos y húmedos. Aunque nunca ha dejado de ser endémica en nuestro territorio, la leishmaniasis ha reemergido con fuerza en el sur de la Comunidad de Madrid en 2010 provocando el brote más importante conocido hasta la fecha en Europa<sup>13</sup>.

Se ha constatado, tanto en países del sur de Europa, como España, Francia e Italia, como del centro del continente, en Alemania, un desplazamiento hacia el norte y en altitud de las poblaciones de flebotomos, así como la aparición de casos de leishmaniasis canina y humana en áreas anteriormente indemnes, como es el caso de algunas regiones de nuestro país<sup>5,14,15,16</sup>. En cualquier caso, este aumento en las densidades y en la distribución geográfica depende no sólo del clima sino de otros factores y no siempre se traduce de forma directa en un impacto en la incidencia de la enfermedad. Entre estos factores destaca la diversidad de reservorios que pueden participar en la transmisión de esta enfermedad, entre los que además del perro y los lepóridos, estos últimos recientemente descubiertos<sup>17</sup>, algunos carnívoros, como el zorro y el gato, roedores y aves podrían estar también implicados.

Factores antrópicos como la urbanización y la modificación de los usos del suelo pueden tener también un gran protagonismo, como muestra el brote del sur de la Comunidad de Madrid, antes citado, en el que se han diagnosticado cerca de 800 casos humanos<sup>13,18</sup>.

La llegada de nuevas especies de *Leishmania*, en concreto de *Leishmania tropica* y *Leishmania donovani*, la primera de ellas presente en el norte de África y la segunda en Creta, es uno de los aspectos que podrían complicar la situación de la leishmaniasis 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 *Leishmania major* desde el norte de África parece más complicada al no estar presente en la Península Ibérica su principal reservorio<sup>19</sup>. No obstante, recientemente se han encontrado en Portugal ejemplares de *Sergentomyia minuta*, otra especie de flebotomos que habitualmente transmite leishmanias



Foto: James Gathany

exclusivas de reptiles, infectados con *L. major*<sup>20</sup>. Este fenómeno puede verse favorecido por la existencia de especies de flebotomos permisivas a diferentes cepas y especies del parásito, como es el caso de *P. perniciosus*, tan abundante en España, que podría facilitar la adaptación de otras especies de *Leishmania* y facilitar el establecimiento de nuevos focos de leishmaniasis<sup>21</sup>.

## Arbovirosis

Los flebotomos están implicados también en la transmisión de varios agentes virales en Europa, todos ellos pertenecientes al género *Phlebotomus* (familia *Phlebotomidae*), que incluyen los virus Sicilia, Nápoles y Toscana (VTOS), presentes en el área mediterránea. Estos virus provocan la “fiebre del flebotomo” y algunos de ellos, como el VTOS, meningitis y encefalitis de mayor gravedad. En el resto del mundo transmiten además otros arbovirus pertenecientes a los géneros *Vesiculovirus* (familia *Rhabdoviridae*) y *Orbivirus* (familia *Reoviridae*)<sup>22,23</sup>.

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 causada por los virus Nápoles y Sicilia y es transmitido por *Phlebotomus papatasi*.

El VTOS se transmite, entre otras especies, por *P. perniciosus* que, como ya se ha comentado anteriormente, se encuentra ampliamente presente en España. 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 en la transmisión que se produce en cada generación hace que se postule la participación de algún reservorio vertebrado, que aún no se conoce. Estudios serológicos realizados en diversos países de Europa y en España muestran una prevalencia de anticuerpos frente al VTOS relativamente elevada e indican una amplia circulación en la cuenca mediterránea que coincide con la distribución de los flebotomos transmisores<sup>22,23</sup>. Muchas infecciones son asintomáticas y los casos clínicos generalmente muestran síntomas similares a la gripe, pero también puede provocar cuadros de meningitis y meningoencefalitis. Está considerado como un patógeno

no emergente en Europa. Su incidencia en España puede verse favorecida por el aumento y expansión que está sufriendo su vector transmisor, *P. perniciosus*, aunque se piensa que otras especies de flebotomos pueden también estar implicadas.

El virus Chandipura es un vesiculovirus identificado en la India que fue causante en 2002 de una epidemia explosiva de encefalitis severa en niños, con una tasa de mortalidad del 55,6%, y posteriormente de otros brotes. Se ha aislado de diferentes especies de los géneros *Sergentomyia* y *Phlebotomus*, aunque *P. papatasi* aparece como vector más probable. Algunos autores consideran el posible riesgo de introducción de este arbovirus en Europa<sup>22</sup>.

## 3.3. Enfermedades transmitidas por garrapatas

Las garrapatas son artrópodos hematófagos obligados que parasitan de forma temporal aves, anfibios, reptiles y mamíferos, y en ocasiones, al ser humano. Se diferencian tres estadios o fases en su ciclo vital: larva, ninfa y adulto. Su alimentación es exclusivamente hematófaga en todos sus estadios. Las garrapatas son vectores transmisores de bacterias, protozoos y virus. A este papel como vectores, añaden en muchos casos su papel como reservorios en el mantenimiento de los ciclos en la naturaleza de patógenos humanos. Ambos sexos toman sangre y por lo tanto son vectores potenciales de patógenos.

Se diferencian dos familias principales, las “garrapatas duras” o ixódidos, denominadas así por poseer un escudo dorsal esclerotizado, y las “garrapatas blandas” o argásidos, que se caracterizan por la presencia de una cutícula externa flexible.

En los ixódidos cada estadio se alimenta una sola vez, durante largo tiempo (días) pudiendo parasitar diferentes especies de animales en cada uno de ellos. Se diferencian ixódidos de uno, dos y tres hospedadores, en función de que cada estadio parasite el mismo u otro animal que la fase anterior. Entre cada fase viven en el medio, donde realizan la muda, momento a partir del cual comienzan a buscar un nuevo hospedador al que parasitar, bien de forma pasiva, encaramados a la vegetación esperando el paso de un animal

como *Ixodes ricinus*, bien de forma activa, desplazándose desde sus lugares de refugio al detectar su presencia, característico de *Hyalomma*.

Los argásidos, por el contrario, se alimentan durante breves periodos de tiempo (minutos u horas), y frecuentemente sobre una sola especie hospedadora. Viven en los nidos o madrigueras de los animales a los que parasitan y son por consiguiente menos sensibles al clima que los ixódidos.

Entre las enfermedades transmitidas por los ixódidos en España destacan la enfermedad de Lyme causada por *Borrelia burgdorferi*, las fiebres botonosas (fiebre botonosa o exántemática mediterránea) y linfadenopatias por garrapata, producidas por diversas especies del género *Rickettsia*. Otras menos frecuentes son la anaplasmosis granulocítica humana causada por *Anaplasma phagocytophilum* y la fiebre hemorrágica Crimea-Congo (FHCC), causada por un *Orthonairovirus*, de la que se han producido recientemente casos en España, con varios fallecidos. A pesar de encontrarse en nuestro territorio la garrapata *Ixodes ricinus*, no se reportan casos de encefalitis transmitida por garrapatas, la arbovirosis (*Flavivirus*) más importante y extendida en Europa. Entre los argásidos la enfermedad más significativa, aunque poco frecuente, es la fiebre recurrente por garrapata debida a *Borrelia hispanica*.

Las garrapatas pasan la mayor parte de su ciclo vital en el medio por lo que su desarrollo, supervivencia, periodo de actividad y dinámica poblacional dependen de variables climáticas como la temperatura y la humedad y por ello, el cambio climático afecta de lleno a sus poblaciones y ciclos vitales y, como consecuencia, puede modificar el riesgo y los patrones de las enfermedades que transmiten. Se ha comprobado que el calentamiento global está produciendo una expansión hacia el norte de varias especies de garrapatas como *I. ricinus*, vector de la enfermedad de Lyme<sup>24</sup>, de *Rhipicephalus sanguineus*, vector de la fiebre exantemática mediterránea y de *Hyalomma* spp, vector de la FHCC<sup>25</sup>. Sin embargo, la respuesta de las garrapatas no solo depende del clima sino de otros factores como la evolución de las poblaciones de animales de los que se alimentan, los cambios en los usos del suelo o el aumento de la fragmentación del hábitat, y con fre-

cuencia resulta difícil determinar de forma clara su efecto específico<sup>25,26</sup>. De otra parte, la complejidad de los ciclos biológicos de los ixódidos en los que intervienen varios estadios en la transmisión, con necesidades biológicas diferentes, y en los que participa una gran diversidad de hospedadores, con diferente capacidad infectiva o sin intervención en la transmisión, hace que sea difícil cuantificar el efecto del cambio climático en la incidencia de las enfermedades que transmiten.

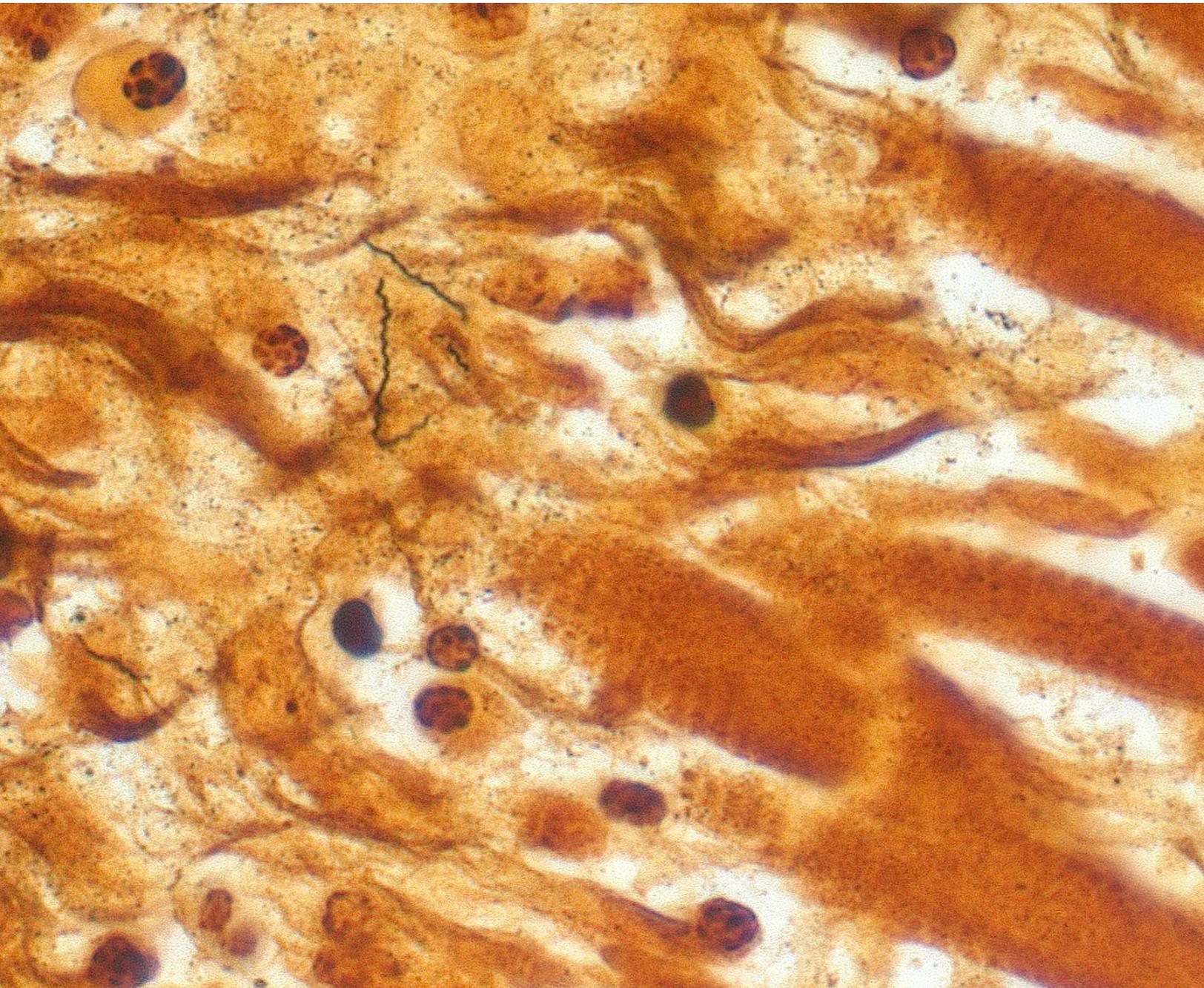
En España el impacto del cambio climático va a estar condicionado por el diferente comportamiento de las principales garrapatas transmisoras de enfermedades: la reducción del área de distribución en el caso de *I. ricinus*, transmisora de la enfermedad de Lyme y su aumento en el caso de las garrapatas del género *Hyalomma* que transmiten la FHCC.

### Fiebre hemorrágica de Crimea-Congo (FHCC)

Está causada por un *Orthonairovirus* que, como ya se ha dicho, se transmite fundamentalmente por garrapatas del género *Hyalomma*, en particular por *Hyalomma marginatum*. En esta especie se ha comprobado la transmisión transovárica y venérea del virus, por lo que la garrapata actuaría también como reservorio. Las garrapatas transmisoras en nuestro entorno son *H. marginatum* y *Hyalomma lusitanicum*. Estas garrapatas son abundantes en el centro, centro-oeste y sur peninsulares, en las comunidades de Extremadura y provincias limítrofes, en las dos Castillas y Andalucía.

En algunos países del este de Europa y en Turquía se ha producido un aumento de la incidencia de esta enfermedad en los últimos años, aunque se considera que este fenómeno está más relacionado con los cambios de usos del suelo y el aumento de las poblaciones de hospedadores que con el cambio climático<sup>27</sup>. En España se vienen reportando casos aislados desde 2016. En total se han notificado 9 casos autóctonos, los 2 últimos en 2021, con el resultado global de 3 fallecimientos.

Existen evidencias de la expansión hacia el norte de *H. marginatum*, y probablemente, también de *H. lusitanicum*, en relación con el aumento de las temperaturas medias. Este incremento de las temperaturas está haciendo que áreas más



*Borrelia burgdorferi* en tejido cardíaco. Foto: Dr. Sherif Zaki

al norte de su zona de distribución natural sean cada vez más adecuadas para esta garrapata<sup>25</sup>.

En cualquier caso, además del clima, otros factores están relacionados con la aparición de casos en humanos como los cambios en los usos del suelo, el aumento de la frecuentación del medio rural por ocio y turismo o la introducción repetida del virus desde África a través de aves migratorias que llevan prendidas garrapatas infectadas del género *Hyalomma*<sup>27</sup>.

### Enfermedad de Lyme

La borreliosis de Lyme es una enfermedad bacteriana causada por *Borrelia burgdorferi* que provoca en un estado inicial erupciones cutáneas, fiebre, dolor de cabeza y de las articulaciones y, en un estado más avanzado, artritis y afección del corazón y del sistema nervioso. Es la infección transmitida por garrapatas más frecuente en Europa y su incidencia está aumentando en algunas regiones.

Es transmitida por la especie *I. ricinus*. En Europa se ha comprobado que esta garrapata se está extendiendo hacia el norte y en altitud, coincidiendo con el aumento de la incidencia de la enfermedad de Lyme y de la encefalitis transmitida por garrapatas<sup>24</sup>. No obstante, además de la posible implicación del cambio climático, se considera también la influencia de otros factores como el incremento en el número de grandes vertebrados hospedadores o el aumento de las actividades al aire libre en la naturaleza.

En nuestro territorio, como ya se ha comentado, el aumento de las temperaturas podría causar la disminución de las poblaciones de esta especie, que quedaría circunscrita a áreas del norte de España y a zonas forestales de montaña del centro peninsular.

### Fiebre botonosa mediterránea

La fiebre botonosa mediterránea, también conocida como fiebre exantemática mediterránea, tiene como agente causal a *Rickettsia conorii* y como vector a la garrapata del perro (*R. sanguineus*), que actúa también como reservorio de la bacteria, ya que se ha comprobado la transmisión transtadial y transovárica. Produce un cuadro con fiebre, malestar general y exantema, sin embargo, en los últimos años se han diagnosticado casos graves que pueden ser mortales.

El perro es la fuente preferida de alimentación para *R. sanguineus* que raramente ataca al ser humano, aunque se ha comprobado que estas preferencias se modifican con el aumento de temperatura, haciéndola más agresiva<sup>28</sup>.

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 precipitación. En Europa se aprecia un desplazamiento hacia el norte de esta garrapata que puede también estar asociado con el cambio climático. En cualquier caso, se trata de una garrapata que se adapta muy bien a los entornos antrópicos, rurales y periurbanos, lo que en principio la hace menos dependiente del clima.

### Encefalitis transmitida por garrapatas

Se trata de una enfermedad causada por un flavivirus, con gran impacto en Europa, y que se transmite por garrapatas de la especie *I. ricinus*. La incidencia de esta enfermedad ha aumentado en Europa en los últimos años y se prevé un aumento de su incidencia por el desplazamiento de su principal vector hacia el norte debido al cambio climático. En España, esta enfermedad está ausente, a pesar de que el vector está presente y existen los roedores que podrían actuar como reservorios, por lo que no es descartable la aparición de casos en España.

## 3.4. Enfermedades transmitidas por roedores

Los roedores son el orden de mamíferos con mayor número de especies. Las pertenecientes a la familia *Muridae* son las dominantes en cualquier región poblada del mundo, debido a su alto potencial reproductivo y a su capacidad de adaptación a cualquier entorno. Los múridos ocupan una amplia gama de ecosistemas, desde bosques tropicales hasta tundras, pero tres especies comensales son las de mayor distribución en los asentamientos humanos urbanos, periurbanos y rurales: la rata gris o del alcantarillado (*Rattus norvegicus*), la rata negra o de los tejados (*Rattus rattus*) y el ratón común (*Mus musculus*).

Las ratas y ratones han sido considerados históricamente como plagas, pues además de los daños materiales que pueden causar en infraestructu-

ras y alimentos, son portadoras de enfermedades que pueden transmitir al ser humano. A nivel mundial la proliferación de roedores puede afectar a la salud de las personas de varias formas, no solo transmitiendo agentes infecciosos al ser humano, sino también reduciendo sus recursos alimenticios y empeorando sus condiciones de vida.

La importancia de las ratas y ratones (comensales y silvestres) para la salud pública, se debe principalmente a su papel como portadores o reservorios de diversas enfermedades que pueden transmitir a los humanos (zoonosis). De hecho, los expertos de la OMS señalan que los roedores están conectados con el 40% de las zoonosis conocidas y calculan que estas provocan 400 millones de casos al año. Además, los roedores no solo están relacionados con enfermedades transmisibles, sino también con la malnutrición, al competir por los recursos alimenticios, con condiciones de vida insalubre, con mordeduras o accidentes, etc., sin contar con el impacto psicológico que puede tener convivir con estos animales.

Algunas de las enfermedades más peligrosas que pueden transmitir los roedores son la peste, el hantavirus y la leptospirosis. El contagio de estas enfermedades puede producirse de diferentes formas:

- Por contacto directo o inhalación de excrementos de roedores (orina, heces, saliva).
- Por contacto o inhalación de partículas aerosolizadas de microorganismos presentes en materiales contaminados.
- Al entrar en contacto con roedores infectados, por ejemplo, operarios de control de plagas.
- Por mordeduras y arañazos de roedores.
- Por ingerir alimentos o bebida contaminada.
- Por el contacto con ectoparásitos infectados de los roedores (garrapatas y pulgas).

Los roedores también pueden actuar como reservorios de enfermedades transmitidas por mosquitos.

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. La peste bubónica (muerte negra) acabó con la vida de millones

de personas en Europa en el siglo XIV. 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. Entre 2013 y 2018 se notificaron 2.886 casos en todo el mundo, 504 de ellos mortales (OMS), el 97% en ese continente, en Madagascar y la República Democrática del Congo. Se ha observado que cambios en la abundancia de su principal hospedador reservorio están relacionados con variaciones en la incidencia de la peste. En Europa está erradicada, pero los cambios climáticos en Asia central favorecen las condiciones para la propagación de la peste, lo que podría suponer una amenaza para los países de Europa del Este.

La **hantavirosis 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 Estados Unidos asociada a un incremento inusual (de hasta 10 veces) de la población de roedores reservorio natural de hantavirus (*Peromyscus sp*), como consecuencia del cambio climático<sup>29</sup>.

Se ha observado en Estados Unidos y en Bélgica que la infección por hantavirus está influenciada por las condiciones climáticas, aumentando como consecuencia de una gran producción de semillas tras temporadas de gran pluviosidad que incrementan el número de roedores al tener mayor disponibilidad de alimento. En otros países europeos el aumento de temperaturas se ha asociado con infección por hantavirus de modo que es esperable que el calentamiento global incremente el riesgo de infección. En España, los estudios de seroprevalencia de hantavirus han detectado anticuerpos en zorros y roedores, además de en humanos, tanto de población rural como urbana.

La **leptospirosis** es una enfermedad zoonótica de potencial epidémico, especialmente en el área mediterránea y tras periodos de lluvias fuertes. Se contrae mediante el contacto con la orina de roedores, bien de forma directa o indirecta (agua o suelo contaminados). La variedad

transmitida por las ratas está producida por espiroquetas (*Leptospira icterohaemorrhagiae*).

Una enfermedad emergente en España y asociada también 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 León<sup>30</sup>. Tras las plagas de topillos ocurridas en 2006-2007 en Castilla y León, se produjeron varios casos de tularemia en humanos en las áreas donde se habían utilizado rodenticidas de superficie<sup>31</sup>.

La tularemia en humanos en el noroeste de España se asocia con aumentos en las poblaciones de topillo. El microorganismo responsable de la enfermedad (*Francisella tularensis*) 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 plaga<sup>32</sup>. 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 sobre estas, al influir sobre la distribución y dinámica poblacional de vectores, patógenos, reservorios y hospedadores. Tras años de sequía que podrían disminuir el número de predadores naturales de roedores, la llegada de un periodo de lluvias aumentaría el alimento disponible (semillas, nueces, insectos), y provocaría un aumento de la población de roedores.

Tanto la población de roedores silvestres como la posibilidad de contacto entre roedor-humano en las zonas urbanas están muy influenciados por las condiciones climáticas. Los inviernos y primaveras suaves y húmedas aumentan sus poblaciones, de modo que las proyecciones climáticas

de calentamiento global sugieren un aumento de su número y un mayor contacto con los humanos, especialmente en áreas urbanas. Las olas de calor pueden forzar a los roedores a buscar agua y alimento en el interior de las casas, incrementando por tanto el contacto con humanos.

Los avisos de ratas en numerosos municipios de la geografía española se han incrementado sustancialmente en los últimos 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 humano-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).

La rata negra (*Rattus rattus*), habitual en ciudades portuarias de España, se detecta ahora de forma habitual en ciudades del interior<sup>33</sup>. Esta rata, a diferencia de la rata gris o de alcantarilla, suele vivir en las alturas, siendo habitual que establezca sus nidos en zonas verdes, árboles y tejados. El aumento de espacios y áreas verdes, así como el incremento de la actividad humana en zonas exteriores como parques y jardines o parcelas de viviendas, podría favorecer la proliferación de la rata negra en estas áreas, al ampliar su hábitat e incrementar la posibilidad de acceso al alimento.

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, el desarrollo urbanístico, las condiciones sanitarias, la calidad de los servicios de salud pública o el comercio, que en el caso del control de roedores pueden tener una importancia vital. Un ejemplo podría ser la reciente pandemia por Covid19, que ha generado una grave crisis económica y sanitaria y que ha tenido como consecuencia la disminución e incluso la eliminación de los servicios de vigilancia y control de roedores en instalaciones, empresas e inmuebles, tan necesarios para mantener las poblaciones de ratas y ratones bajo control. Otro aspecto a tener en cuenta como consecuencia de la Covid19, ha sido

el aumento en la demanda de espacios abiertos, tomando protagonismo las viviendas unifamiliares con jardines sobre los pisos en el centro de las ciudades, que podría tener un efecto significativo sobre el aumento de actividad de la rata negra.

A modo de resumen, se incluyen en la tabla 1 los vectores y reservorios, y las enfermedades trans-

mitadas por ellos que pueden verse más afectadas por el cambio climático, especificando el vector transmisor, la enfermedad, el patógeno implicado, su ausencia o presencia en España, según haya casos importados, casos esporádicos, o sea endémica. Finalmente se incluye una valoración subjetiva del riesgo de aumento de su incidencia en España, conforme a tres niveles, bajo, medio y alto.



Foto: Caitlin Worrell

Tabla 1. Cómo puede afectar el cambio climático a los vectores y reservorios de enfermedades infecciosas

| Vector                 | Enfermedad                             | Patógeno  | Presencia España | Riesgo |
|------------------------|--|---|------------------|--------|
| Mosquitos<br>Aedes     | Dengue                                 | Virus del dengue  | Esporádicos      | Alto   |
|                        | Fiebre Chikungunya                     | Virus chikungunya   | Importados       | Alto   |
|                        | Fiebre del Zika                        | Virus Zika  | Importados       | Medio  |
|                        | Fiebre amarilla                        | Virus fiebre amarilla   | Ausencia         | Bajo   |
|                        | Fiebre del Valle del Rift              | Virus Valle del Rift  | Ausencia         | Medio  |
|                        | Fiebre de Mayaro                       | Virus Mayaro  | Ausencia         | Bajo   |
|                        | Dirofilariasis                         | <i>Dirofilaria immitis</i> , <i>Dirofilaria repens</i>                                      | Esporádicos      | Bajo   |
| Mosquitos<br>Culex     | Encefalitis del Nilo occidental        | Virus del Nilo Occidental   | Endémica         | Alto   |
|                        | Encefalitis japonesa                   | Virus encefalitis japonesa  | Ausencia         | Bajo   |
|                        | Usutu                                  | Virus Usutu   | Esporádicos      | Medio  |
|                        | Sindbis                                | Virus Sindbis   | Ausencia         | Bajo   |
|                        | Dirofilariasis                         | <i>Dirofilaria immitis</i> , <i>Dirofilaria repens</i>                                      | Esporádicos      | Bajo   |
| Mosquitos<br>Anopheles | Malaria o paludismo                    | <i>Plasmodium vivax</i>   | Importados       | Bajo   |
|                        |  | <i>Plasmodium ovale</i>   | Importados       | Bajo   |
|                        |  | <i>Plasmodium falciparum</i>  | Importados       | Bajo   |
|                        |  | <i>Plasmodium malariae</i>  | Importados       | Bajo   |
|                        | Dirofilariasis                         | <i>Dirofilaria immitis</i> , <i>Dirofilaria repens</i>                                      | Esporádicos      | Bajo   |
| Flebotomos             | Leishmaniasis                          | <i>Leishmania infantum</i>  | Endémica         | Alto   |
|                        | Flebovirosis                           | Virus Toscana, Sicilia, Nápoles, Granada, Arbia   | Endémica         | Alto   |
| Piojos                 | Tifus exantemático epidémico           | <i>Rickettsia prowazekii</i>  | Endémica         | Bajo   |
| Pulgas                 | Tifus murino                           | <i>Rickettsia typhi</i>   | Esporádicos      | Bajo   |
|                        | Rickettsiosis por pulgas               | <i>Rickettsia felis</i>   | Esporádicos      | Bajo   |
|                        | Enfermedad arañazo de gato             | <i>Bartonella henselae</i>  | Esporádicos      | Bajo   |
| Garrapatas             | Enfermedad de Lyme                     | <i>Borrelia burgdorferi</i>   | Endémica         | Alto   |
|                        | Encefalitis transmitida por garrapatas | Virus ETG   | Ausencia         | Medio  |
|                        | Fiebre botonosa mediterránea           | <i>Rickettsia conorii</i>   | Endémica         | Medio  |
|                        | Rickettsiosis por garrapatas           | <i>Rickettsia aeschlimannii</i> , <i>Rickettsia massiliae</i> , <i>Rickettsia helvetica</i> | Endémica         | Alto   |
|                        | Fiebre recurrente por garrapatas       | <i>Borrelia hispanica</i>   | Endémica         | Medio  |
|                        | Fiebre hemorrágica de Crimea-Congo     | Virus Crimea-Congo  | Esporádicos      | Alto   |
|                        | Anaplasmosis granulocítica humana      | <i>Anaplasma phagocytophilum</i>  | Endémica         | Bajo   |
|                        | Fiebre Q                               | <i>Coxiella burnetii</i>  | Endémica         | Bajo   |
| Tularemia              | <i>Francisella tularensis</i>          | Endémica  | Bajo             |        |
| Roedores               | Hantavirus                             | Virus Hanta   | Esporádicos      | Bajo   |
|                        | Coriomeningitis linfocítica            | Virus coriomeningitis linfocítica   | Esporádicos      | Bajo   |
|                        | Leptospirosis                          | <i>Leptospira interrogans</i>   | Esporádicos      | Bajo   |
|                        | Fiebre por mordedura de rata           | <i>Streptobacillus moniliformis</i>   | Esporádicos      | Bajo   |
|                        | Toxoplasmosis                          | <i>Toxoplasma gondii</i>  | Esporádicos      | Medio  |
|                        | Hidatidosis-Equinococosis              | <i>Echinococcus granulosus</i>  | Endémica         | Medio  |
|                        | Tularemia                              | <i>Echinococcus multilocularis</i><br><i>Francisella tularensis</i>                         | Endémica         | Medio  |

## 4. CONCLUSIONES

- El cambio climático ejerce un profundo impacto sobre la biología y los ciclos vitales de los artrópodos y reservorios animales implicados en la transmisión de enfermedades vectoriales y puede provocar cambios en la incidencia de estas enfermedades.
- El efecto más destacado es el aumento del periodo de actividad de los vectores, haciendo posible que presenten más generaciones en ese tiempo y sean más abundantes. El aumento de la temperatura está favoreciendo también que algunas especies estén colonizando nuevas zonas, ya sea en altitud como en latitud, y se está observando cómo ocupan hábitats de montaña o se detectan en áreas más al norte de su distribución habitual, ampliando su distribución geográfica. Con respecto a las enfermedades que pueden transmitir, la crisis climática incrementa las zonas de riesgo y adelanta y amplía considerablemente el periodo de transmisión, aunque también puede provocar el efecto contrario en algunos casos, como se espera en algunas especies de garrapatas. Favorece además una multiplicación más rápida y precoz de los patógenos en los vectores y puede favorecer la presencia de nuevos vectores.
- En España se prevé que los efectos del cambio climático sean especialmente intensos por encontrarse gran parte de los vectores y patógenos en el límite de distribución y ser, por ello, especialmente sensibles a los cambios en las variables climáticas.
- La llegada de nuevos vectores invasores exóticos y su establecimiento y expansión en nuestro territorio, como es el caso del mosquito tigre y de otros aedinos invasores, genera nuevos riesgos para la salud pública. En este sentido, la cercanía de África es especialmente significativa ya que hace posible la entrada de nuevos vectores y patógenos procedentes de este continente.
- En estos procesos influyen de forma importante y simultánea las actividades humanas ligadas a los cambios en los usos del suelo, la globalización de los viajes y el comercio, así como la urbanización y los cambios en la morfología urbana, que hacen que las áreas de viviendas individuales y parques sean más frecuentes. También el incremento del uso de los espacios naturales permite un contacto más estrecho entre la población y los vectores. Resulta difícil, por este motivo, deslindar el efecto del cambio climático del resto de factores que participan en la epidemiología de las enfermedades vectoriales. Esta dificultad limita en gran medida nuestra capacidad para poder establecer con certeza escenarios futuros consecuencia del cambio climático.
- El cambio climático es un fenómeno cuyo impacto se produce durante lapsos de tiempo dilatados y la vigilancia de vectores y reservorios no cuenta, generalmente, con información recogida durante periodos suficientemente amplios como para detectar estos cambios. Por el contrario, otras alteraciones causadas por el ser humano se producen en periodos de tiempo más cortos y mucho más fácilmente analizables.
- Las enfermedades vectoriales son enormemente complejas, en particular aquellas en las que existe un reservorio animal o en las que pueden coincidir diferentes ciclos de forma simultánea (silvestre, rural y urbano) o participar diferentes patógenos, vectores y reservorios.
- La colonización por un vector de un nuevo territorio, favorecida por el cambio climático, no viene en ocasiones ligada a la aparición inmediata de casos humanos, ya que en la transmisión intervienen muchos factores, además de la presencia del vector, no siempre bien conocidos. El caso de las garrapatas, en el que participan diversos estadios y hospedadores, no todos ellos con la misma capacidad para transmitir un determinado patógeno, es especialmente significativo.
- Es preciso tener en cuenta las limitaciones de los modelos empleados para establecer las pro-

yecciones de futuro en los diferentes escenarios climáticos, por la dificultad para integrar variables que no siempre tienen una relación lineal, separar los efectos de otros factores además del clima, o valorar efectos a pequeña escala, que a veces pueden ser determinantes.

- Algunos autores consideran más acertado hablar de cambio global<sup>34</sup>, concepto que incluiría, además del cambio climático, a otros factores que determinan la evolución de las enfermedades vectoriales en nuestra sociedad. La investigación en este ámbito constituye hoy en día una prioridad de primer orden.



## 5. RECOMENDACIONES

Ante este escenario de aumento del riesgo por aparición de nuevas enfermedades o de incremento en la incidencia de otras, favorecido en buena medida por el cambio climático, es preciso definir estrategias y poner en marcha actuaciones que tengan como objetivo la identificación de los riesgos y la prevención de las enfermedades vectoriales; así como la gestión eficaz de los brotes que se puedan producir en el futuro.

La aparición de brotes de virus del Nilo Occidental, como el ocurrido en Andalucía recientemente, y de arbovirosis transmitidas por el mosquito tigre que pueden afectar a áreas urbanas densamente pobladas muy complejas, requiere desarrollar la capacidad técnica y humana necesaria para establecer actuaciones de control que puedan ser desplegadas rápidamente en el territorio, de forma coordinada entre todas las instituciones responsables.

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático<sup>35</sup>, que en 2020 ha aprobado una nueva actualización para el periodo 2021-2030, es el marco de referencia para la coordinación de la respuesta entre las diferentes Administraciones Públicas ante esta nueva realidad. Dentro de los objetivos de este Plan se encuentran la prevención de los riesgos para la salud derivados de las enfermedades infecciosas y parasitarias, vectoriales y no vectoriales, favorecidas por el clima. Entre sus líneas de acción, hace referencia al Plan Nacional de Preparación y Respuesta a Enfermedades transmitidas por Vectores que, hasta la fecha, establece estrategias y acciones en relación a las arbovirosis transmitidas por aedinos invasores (dengue, chikungunya y Zika), pero que en el futuro habrá de ampliarse a otras posibles enfermedades (leishmaniasis, tularemia, fiebre de Crimea-Congo, virus del Nilo occidental, borreliosis de Lyme, fiebre del valle del Rift) y sus vectores (garrapatas, flebotomos y otros mosquitos) para los que se prevén efectos dependientes de la crisis climática.

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

**1. Abordar de forma integral y multidisciplinar** la vigilancia y el control de las enfermedades transmitidas por vectores, reforzando la coordinación territorial, a nivel municipal, autonómico y nacional, y también sectorial, entre las instituciones implicadas en salud animal y humana y en medio ambiente; así como con universidades y centros de investigación. Implementar una estrategia de actuación basada en el enfoque Una Salud.



**2. Desarrollar la capacidad de diagnóstico del sistema sanitario** y de protocolos de actuación frente a enfermedades emergentes, que permitan la coordinación de todos los agentes implicados en la respuesta ante episodios de transmisión de estas enfermedades.

**3. Reforzar la vigilancia entomológica**, el conocimiento de la distribución de los vectores implicados y el ciclo epidemiológico de los diferentes patógenos es crucial. Establecer sistemas que se mantengan en el tiempo y que tengan la capacidad de discriminar la influencia de la crisis climática.

**4. Desarrollar sistemas de vigilancia en fauna silvestre y doméstica** que puedan servir de base para la detección temprana de patógenos emergentes y para el seguimiento de reservorios.

**5. Informar a los profesionales sanitarios** sobre la presencia de vectores y de enfermedades emergentes en su ámbito de trabajo, con el fin de mejorar el diagnóstico en la atención primaria, detectar de forma precoz los posibles casos y limitar su propagación.

**6. Reforzar la capacidad de control vectorial** de municipios y comunidades autónomas, a fin de asegurar una respuesta rápida ante la aparición de casos importados y autóctonos de enfermedades vectoriales emergentes. En este sentido, es muy importante la capacitación de los profesionales y empresas de control de plagas.

**7. Capacitar a la población, en especial a los colectivos de riesgo** (profesionales, población expuesta, turistas), sobre medidas para prevenir el contacto con vectores transmisores, así como para evitar su proliferación. La implicación de los ciudadanos es particularmente importante en el control del mosquito tigre, ya que la mayor parte de los criaderos de este vector se encuentran en los espacios privados. La información en el caso de viajes a zonas endémicas es especialmente sensible, ya que el conocimiento de los riesgos permite adoptar actitudes responsables, tanto durante la estancia en el país objeto del viaje como a la vuelta, acudiendo al centro de salud si aparecen síntomas compatibles con estas enfermedades emergentes. En paralelo, debe promoverse y potenciarse la participación en iniciativas de ciencia ciudadana, que se han mostrado de gran utilidad en la detección de mosquitos invasores.



## 6. FUENTES RECOMENDADAS

Para ampliar la información sobre cambio climático, zoonosis y enfermedades de transmisión vectorial se recomiendan las siguientes publicaciones:

### Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030

[https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030\\_tcm30-512163.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030_tcm30-512163.pdf)

Plan Nacional de preparación y respuesta frente a enfermedades transmitidas por vectores. Parte I: Dengue, Chikungunya y Zika.  
Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. 2016

[https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/DocsZika/Plan\\_Nac\\_enf\\_vectores\\_20160720\\_sin\\_CC.pdf](https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/DocsZika/Plan_Nac_enf_vectores_20160720_sin_CC.pdf)

Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente. Borrador. 2021

[https://www.mscbs.gob.es/ciudadanos/pesma/docs/2021\\_PESMA\\_04-06-2021.pdf](https://www.mscbs.gob.es/ciudadanos/pesma/docs/2021_PESMA_04-06-2021.pdf)

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. WHO. Zoonotic disease: emerging public health threats in the Region. <http://www.emro.who.int/about-who/rc61/zoonotic-diseases.html> (consultado 15/11/2021)
2. Sutherst RW. Global change and human vulnerability to vector-borne diseases. *Clin Microbiol Rev.* 2004; 17(1):136-73
3. WHO. Vector-borne diseases. Fact sheets. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases> (consultado 15/11/2021)
4. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030. 2020. ISBN: 978-84-18508-32-5 [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030\\_tcm30-512163.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030_tcm30-512163.pdf) (consultado 15/11/2021)
5. Ballart C, Guerrero I, Castells X, Barón S, Castillejo S, Alcover MM, Portús M y Gállego M. Importance of individual analysis of environmental and climatic factors affecting the density of Leishmania vectors living in the same geographical area: the example of Phlebotomus ariasi and P. perniciosus in northeast Spain. *Geospatial Health.* 2014;. 8(2): 389-403.

6. Gálvez R, Descalzo MA, Miró G, Jiménez MI, Martín O, Dos Santos-Brandao, Guerrero I, Cubero E y Molina R. Seasonal trends and spatial relations between environmental/meteorological factors and leishmaniosis sand fly vector abundances in Central Spain. *Acta Tropical*. 2010; 115: 95-102.
7. Rudolf I, Betásová L, Blazejová H, Venclíková K, Strakova P, et al. West Nile virus in overwintering mosquitoes, central Europe. *Parasites & Vectors*. 2017; 10:452
8. Trájer A, Mlináik L, Jihász P y Bede-Fazekas A. The combined impact of urban heat island, thermal bridge effect of buildings and future climate change in the potential overwintering of *Phlebotomus* species in a central european metropolis. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2014;12(4): 887-908.
9. García San Miguel Rodríguez-Alarcón L, Fernández-Martínez B, Sierra Moros MJ, Vázquez A, Julián Pachés P, García Villaceros E, Gómez Martín MB, Figuerola Borrás J, Lorusso N, Ramos Aceitero JM, Moro E, de Celis A, Oyonarte S, Mahillo B, Romero González LJ, Sánchez-Seco MP, Suárez Rodríguez B, Ameyugo Catalán U, Ruiz Contreras S, Pérez-Olmeda M, Simón Soria F. Unprecedented increase of West Nile virus neuroinvasive disease, Spain, summer 2020. *Euro Surveill*. 2021 May;26(19)
10. Monge S, García-Ortúzar V, López Hernández B, Lopaz Pérez MÁ, Delacour-Estrella S, Sánchez-Seco MP, Fernández Martínez B, García San Miguel L, García-Fulgueiras A, Sierra Moros MJ. Dengue Outbreak Investigation Team. Characterization of the first autochthonous dengue outbreak in Spain (August-September 2018). *Acta Trop*. 2020 May; 205:105402.
11. Ryan SJ, Carlson CJ, Mordecai EA, Johnson LR. Global expansion and redistribution of *Aedes*-borne virus transmission risk with climate change. *PLoS Negl Trop Dis*. 2019; 13(3).
12. Santa-Olalla Peralta P, Vazquez-Torres MC, Latorre-Fandós E, Mairal-Claver P, Cortina-Solano P, Puy-Azón A, Adiego Sancho B, Leitmeyer K, Lucientes-Curdi J, Sierra-Moros M J. First autochthonous malaria case due to *Plasmodium vivax* since eradication, Spain, October 2010. *Euro Surveill*. 2010;15(41)
13. Arce A, Estirado A, Ordobás M, Sevilla S, García N, Moratilla L, de la Fuente S, Martíne AM, Pérez AM, Aránguez E, Iriso A, Sevillano O, Bernal J, Vilas F. Re-emergences of leishmaniasis in Spain: community outbreak in Madrid, Spain, 2009 to 2012. *Euro Surveill*. 2013; 25: 18(30)
14. Gálvez R, Descalzo MA, Guerrero I, Miró G, Molina R. Mapping the current distribution and predicted spread of the leishmaniosis 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.
15. Maroli M, Rossi L, Baldelli R, Capelli G, Ferroglio E, Genchi C, Gramiccia M, Mortarino M, Pietrobelli M, Gradoni L. 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). 256-264.
16. Naucke TJ, Menn B, Massberg D, Lorentz S. Sandflies and Leishmaniosis in Germany. *Parasitology Research*. 2008; (Suppl1) 103: S65-S68.
17. Molina R, Jimenez M, Cruz I, Iriso A, Martín I, Sevillano O, Melero S, Bernal J. The hare (*Lepus granatensis*) as potential sylvatic reservoir of *Leishmania infantum* in Spain. *Vet Parasitol*. 2012; 190(1-2): 268-71.
18. González E, Jiménez M, Hernández S, Martín-Martín I, Molina R. 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*. 2017; Aug 1;10(1):368

19. Ready PD. Leishmaniasis emergence in Europe. *Euro Surveill.* 2010; 15(10): 11
20. Campino A, Cortes S, Dionisio L, Neto L, Odete M, Maia, C. The first detection of *Leishmania major* in naturally infected *Sergentomyia minuta* in Portugal. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 2013; Jun;108(4):516-8.
21. Volf P, Peckova J. Sand flies and *Leishmania*: specific versus permissive vectors. *Trends Parasitol.* 2007; 23(3): 91-92
22. Depaquit J, Grandadam M, Fouque F, Andry PE, Peyrefitte C. Arthropod-borne viruses transmitted by Phlebotomine sandflies in Europe: a review. *Euro Surveill.* 2010; 15(10).
23. Alkan C, Bichaud L, de Lamballerie X, Alten B, Gould EA, Charrel RN. Sandfly-borne phleboviruses of Eurasia and Africa: epidemiology, genetic diversity, geographic range, control measures. *Antiviral Res.* 2013; 100(1): 54-74.
24. 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): 119-123
25. Estrada-Peña A, de la Fuente J. The ecology of ticks and epidemiology of tick-borne viral diseases. *Antiviral Research.* 2014; 18: 104-128.
26. Randolph SE. Dynamics of tick-borne disease systems: minor role of recent climate change. *Rev Sci Tech.* 2008; 27(2): 367-81.
27. Bosch, J. Muñoz MJ, Martínez Avilés, M, de la Torre A y Estrada Peña, A. Vector-Borne Pathogen Spread Through Ticks on Migratory Birds: A Probabilistic Spatial Risk Model for South-Western Europe Transboundary and Emerging Diseases. 2012. 60 (5): 403-415.
28. Parola P., Socolovschi C., Jeanjean L., Bitam I., Fournier P.E., Sotou A. Warmer weather linked to tick attack and emergence of severe rickettsioses. *PLoS Negl Trop Dis.* 2008; 2(11)
29. Wenzel RP. A new hantavirus infection in North America. *N. Engl. J. Med.* 1994; 330(4):1004-5.
30. 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.
31. Vidal D, Alzaga V, Luque-Larena JJ, Mateo R, Arroyo L, Viñuela J. Posible interacción entre un tratamiento rodenticida y un patógeno en topillo común (*Microtus arvalis*) durante un pico poblacional. *Sci Total Environ.* 2009; Dic 20;408(2):267-71
32. WHO guidelines on tularaemia: epidemic and pandemic alert and response. World Health Organization, 2007.
33. Anecpla: Revista Infoplagas. Edición 90. Diciembre 2019
34. Baker RE, Mahmud AS, Miller IF, Rajeev M, Rasambainarivo F, Rice BL, Takahashi S, Tatem, AJ, Wagner CE, Wang LF, Wesolowsky Am Metcalf JE. Infectious disease in an era of global change. *Nature Reviews Microbiology.* 2021; 13:1-13



**osman**  
Observatorio de Salud y  
Medio Ambiente de Andalucía

 Escuela Andaluza  
de Salud Pública  
Consejería de Salud y Familias

  
**Junta de Andalucía**  
Consejería de Salud y Familias  
Dirección General de Salud Pública y Ordenación Farmacéutica