



**FACULTAD DE FARMACIA  
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE**

**TRABAJO FIN DE GRADO  
PAPEL VECTORIAL DEL MOSQUITO *Aedes***

Autor: LAURA SÁNCHEZ REAL

Tutor: CATALINA CASTAÑO FERNANDEZ

Convocatoria: JUNIO

## ÍNDICE

Resumen.....	3
1. Introducción.....	3
2. Objetivos.....	4
3. Metodología.....	4
4. Resultados y Discusión.....	4
4.1 Biología del mosquito.....	4
4.2 Principales enfermedades víricas transmitidas por Aedes.....	8
4.3 La expansión geográfica de <i>Aedes</i> .....	12
4.4 Casos localizados en España.....	17
4.5 Medidas de control.....	19
5. Conclusiones.....	20
6. Bibliografía.....	22

## **RESUMEN**

Los mosquitos del género *Aedes* son importantes vectores de enfermedades víricas, entre ellas Dengue, Zika, Fiebre Amarilla, Chikungunya y fiebre del Nilo Occidental. Como consecuencia del cambio climático y la globalización, entre otros factores, el área de distribución de estas especies se está expandiendo. Por ello es muy importante incidir en las diferentes medidas de control disponibles y concienciar a la sociedad sobre las mismas.

### **1. INTRODUCCIÓN**

Los vectores son artrópodos, muchos de los cuales albergan un agente infeccioso, el cual se multiplica y/o desarrolla en su interior. Posteriormente lo transmiten a otros hospedadores al actuar como ectoparásitos.

Muchos de esos vectores son insectos hematófagos que ingieren los microorganismos patógenos junto con la sangre de un portador infectado, y posteriormente los inoculan a un nuevo portador al ingerir su sangre. Los mosquitos son los vectores de enfermedades mejor conocidos.

Las enfermedades transmitidas por vectores son trastornos causados por agentes patógenos, en el ser humano y representan más del 17% de todas las enfermedades infecciosas, su distribución está determinada por una compleja dinámica de factores medioambientales y sociales.

En los últimos años, la globalización, la urbanización no planificada y los problemas medioambientales, entre ellos el cambio climático, están influyendo considerablemente en la transmisión de enfermedades, de manera que algunas están apareciendo en países en los que hasta hace poco eran desconocidas. Otro factor son los cambios en las prácticas agrícolas debidos a las variaciones de temperatura y precipitaciones, éstos pueden influir en la propagación de enfermedades transmitidas por vectores. La información climática se puede utilizar para vigilar y predecir a largo plazo la distribución y las tendencias de estas enfermedades variables en función del clima.

## 2. OBJETIVOS

- Realizar una breve descripción de las principales enfermedades víricas transmitidas por estos vectores.
- Conocer las principales especies de *Aedes* que transmiten estas enfermedades.
- Estudiar cómo ha ido aumentando su área de distribución con respecto a su hábitat originario y los factores que han contribuido a esta expansión geográfica.
- Incidir en las medidas de control y prevención de dichos vectores y las enfermedades que transmiten.

## 3. METODOLOGÍA

Se ha realizado una revisión bibliográfica de artículos científicos en diferentes bases de datos, como: PubMed y Google Académico, introduciendo como palabras clave: mosquito *Aedes*, vectores de enfermedades. También se han consultado algunas revistas científicas, libros y la biblioteca electrónica: Scielo. Así como páginas webs de organizaciones sanitarias como la OMS.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio nos centramos en *A. aegypti* y *A. albopictus*, aunque el género *Aedes* incluye otras especies, porque son éstas las dos especies con mayor potencial transmisor de enfermedades; también mencionaremos a *A. japonicus*.

### 4.1 Biología del mosquito

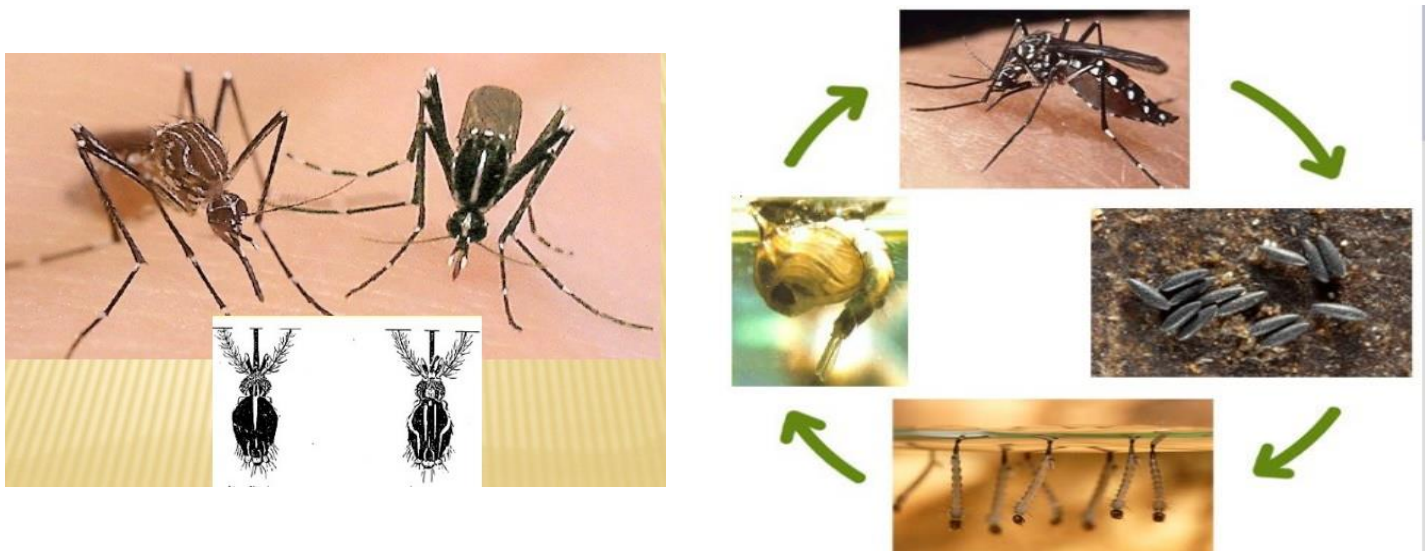
El mosquito *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762), considerado el vector biológico culícido transmisor de flavivirus más importante en todo el mundo, es una especie termófila, particularmente endémica y ampliamente distribuida en las regiones tropicales y subtropicales del planeta; está altamente adaptado al entorno urbano y se encuentra a menudo dentro y alrededor de los hogares. Es el principal vector de los virus del dengue y puede desempeñar un papel como vector del virus de la fiebre amarilla en el ciclo urbano, que se consideran dos de las enfermedades virales más importantes transmitidas por los artrópodos. Además, este insecto es un vector potencial de los virus Chikungunya, Zika y Nilo occidental. Actualmente no se dispone de vacunas eficaces contra el dengue, Chikungunya, Zika y Nilo occidental y sí para la fiebre amarilla. Por eso, las medidas de salud pública se centran principalmente en el control de vectores.

*A. aegypti* se originó en África (región de Etiopía) pero rápidamente se desplazó al continente americano; probablemente fueron transportados al nuevo mundo en barriles de agua en los barcos durante las primeras exploraciones y colonizaciones europeas. En el nuevo mundo *A. aegypti* es una especie predominantemente doméstica que se desarrolla en recipientes naturales o artificiales de las viviendas y alrededores. La hembra se alimenta de sangre humana o de animales domésticos. Es raro encontrar el mosquito a más de 100 m de las casas. Debido a esta estrecha relación con el hombre se dice que es un mosquito urbano. La capacidad de resistencia de los huevos a la desecación es uno de los principales obstáculos para su control, esta condición permite que los huevos puedan transportarse a grandes distancias en recipientes secos. Por lo tanto, la eliminación de los mosquitos adultos y larvas en una localidad no imposibilita la reinfestación a través de huevos.

Macho y hembra se alimentan de carbohidratos procedentes de frutas y del néctar de las flores, pero además las hembras se alimentan de sangre (hecho que ocurre principalmente tras el apareamiento) de la mayoría de vertebrados preferentemente del hombre; esto les proporciona las proteínas necesarias para el desarrollo de los huevos. Tras completar la alimentación la hembra de *Aedes* se posa en lugares oscuros y seguros para hacer la digestión sanguínea durante unos 4 días. La alimentación sanguínea y la puesta de huevos se producen principalmente por el día, especialmente a las primeras horas o al anochecer. Las partes bucales del macho no están adaptadas para chupar sangre. Las hembras vuelan en sentido contrario al viento, desplazándose mediante lentas corrientes de aire siguiendo olores y gases emitidos por el hospedador, mientras que receptores táctiles y térmicos las guían hacia el sitio de alimentación.

La hembra deposita sus huevos en las paredes (preferentemente ásperas) de los recipientes oscuros o sombreados, con agua limpia y quieta (justo por encima de la línea de agua), tales como botellas, macetas, neumáticos, etc. Dichos depósitos servirán como criaderos. Los huevos que son capaces de resistir largos periodos de desecación, son blancos en el momento de la postura y en contacto con el aire se van oscureciendo. El agua en contacto con los huevos fertilizados es un estímulo para la eclosión, la larva sale del huevo y se sumerge en el agua. En la fase de pupa ocurre la metamorfosis de la larva a mosquito adulto, las pupas no se alimentan, se mantienen en la superficie del agua flotando, lo que favorece la transformación en insecto adulto. En condiciones favorables el periodo larvario y pupal no supera los 5 días. Tras el periodo de emergencia el mosquito *Aedes* sale para iniciar su ciclo biológico. En periodo de reposo

suelen estar en habitaciones y alrededores de la vivienda, al picar al hospedador infectado, el insecto absorbe la sangre en conjunto con el virus que será absorbido por el estómago y se reparte por todo el organismo, acumulándose en glándulas salivales donde se multiplicará. A partir de este momento la hembra infectada es capaz de transmitir la enfermedad y permanece así hasta el final de su vida que es de 6 a 8 semanas. Al picar a otro ser humano sano, el mosquito transmite el virus. El ciclo de huevo a adulto se completa en condiciones óptimas de temperatura y alimentación, en 10 días.



El adulto emergente es un mosquito de color negro con diseños blanco-plateados formados por escamas claras que se disponen simulando la forma de una "lira", en el dorso del tórax en el caso de *A. aegypti* y una línea longitudinal en el caso de *A. albopictus*. Anillado blanco y negro característico a nivel de tarsos, tibia y fémures de las patas.

- Ambas especies tienen en la cabeza un par de antenas que en los machos son plumosas y en las hembras son pilosas.
- En los ojos bajo las antenas hay un par de palpos maxilares, en las hembras son cortos y en los machos son alargados.
- El aparato bucal compuesto de labios y labela, es un conjunto flexible.
- *A. albopictus* es más oscuro que *A. aegypti*.

*A. albopictus* (mosquito tigre) y *A. japonicus*, son dos de las especies más comunes de mosquitos invasivos en todo el mundo que se han establecido recientemente en Europa occidental. Estas dos especies se han extendido rápidamente por todo el mundo con el aumento de transporte de determinadas mercancías y actividades humanas, tales como los viajes. *A. albopictus* se origina en los bosques de las regiones tropicales del sudeste

de Asia y en Oceanía donde es responsable de la transmisión de Dengue y es introducido en América por el transporte pasivo de larvas (neumáticos, bambú, etc.). Mientras que *A. japonicus* es originario de Japón. Ambas especies están asociadas con la transmisión de una serie de enfermedades graves y se prevé que continúe su propagación en Europa si encuentran las condiciones de hábitat adecuadas bajo el clima actual: *A. albopictus* en las regiones del Mediterráneo en el sur de Europa y *A.*

*japonicus* dentro de las regiones más templadas de Europa Central. Actualmente, se conoce la presencia de *A. japonicus* en seis países europeos entre ellos Bélgica, Países Bajos, y está establecido en Suiza, Austria y Eslovenia.

Ambas especies dependen de la disponibilidad de pequeños hábitats acuáticos para la deposición de huevos, lo que requiere una cierta cantidad de precipitación durante los meses de verano. No obstante, como detallaremos a continuación se ha sugerido que el papel de suministro de agua para proporcionar criaderos a ambas especies puede ser aún más importante que las condiciones de precipitación. *A. albopictus* se considera que es la especie de mosquito más invasiva en el mundo, con lo cual es una importante amenaza para la salud pública en Europa. Si comparamos *A. albopictus* con *A. aegypti*, la primera especie es más tolerante a las bajas temperaturas y mantiene una amplia variedad de criaderos, tanto en recipientes artificiales como naturales. Estas características lo transforman en un vector de más difícil control e improbable eliminación, una vez que se radica. Se ha detectado una verdadera "competencia", con *A. aegypti* por los mismos tipos de criaderos en ambientes urbanos. *A. albopictus* logra desplazar gradualmente a su competidor. El hábitat de *A. aegypti* se ha visto asociado más frecuentemente al entorno humano ya que se ha adaptado a contenedores artificiales situados tanto dentro como fuera de las casas. *A. albopictus* tiene preferencia por contenedores de agua naturales como pueden ser los agujeros de los troncos de árbol, plantas de bambú, además de los artificiales como *A. aegypti*. Una característica de *A. albopictus* es que sus huevos pueden sobrevivir en condiciones muy secas y permanecer viables durante meses en ausencia de agua.

*A. albopictus* se considera un vector secundario de enfermedades, y se le ha atribuido clásicamente un menor potencial de transmisión en comparación con *A. aegypti*. Pero durante la Segunda Guerra Mundial los brotes de dengue ocurridos en Japón en 1942 y en Hawái en 1943, en ausencia de *A. aegypti*, demostraron la capacidad de *A. albopictus* para transmitir el virus del dengue en climas templados.

*A. japonicus* no ha jugado un papel importante como vector de enfermedades. Sin embargo, por su gran plasticidad ecológica es un peligro potencial. En los últimos años se han citado varios casos en Europa de transmisión de dengue y Chikungunya por *A. japonicus*.

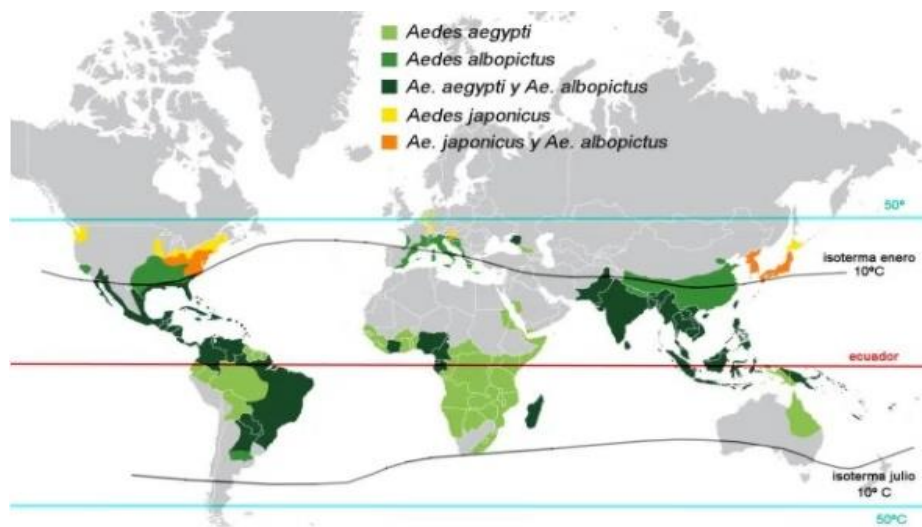


Fig 1. Distribución mundial de *Aedes aegypti*, *Ae. albopictus* y *Ae. japonicus*. / Desinsectador 2016

Si comparamos este mosquito con los anteriores (*aegypti* y *albopictus*), vemos que se desarrolla en ambientes más fríos.

#### **4.2 Principales enfermedades víricas transmitidas por *Aedes***

##### **Dengue**

Según la OMS el dengue es la enfermedad arboviral más importante en todo el mundo, que ha registrado el mayor aumento en los últimos 20 años. Los mosquitos *Aedes* son vectores para los cuatro serotipos del virus: DEN 1-4. *A. aegypti* es el vector primario asociado con la mayoría de epidemias, mientras que *A. albopictus*, el vector secundario, es menos eficiente.

La enfermedad se ha expandido geográficamente en los últimos años, por lo que los cuatro serotipos del virus, están circulando en Asia, África y las Américas, y la transmisión del dengue autóctono ha llegado recientemente a las regiones del sur de Norteamérica y Europa.

El dengue es la enfermedad vírica transmitida por mosquitos que más rápidamente se propaga en el mundo. En los últimos 50 años, la incidencia se ha multiplicado por

30; el ámbito geográfico se ha extendido a nuevos países y, en el decenio actual, la enfermedad ha trascendido de entornos urbanos a medios rurales.

Los síntomas del dengue incluyen fiebre, cefalea intensa, dolor retroocular, dolores musculares y articulares, adenopatías y erupción cutánea. No hay vacuna ni ningún medicamento específico para tratar el dengue. Las personas con dengue deben guardar reposo, beber abundante líquido y bajar la fiebre con paracetamol.

Una forma grave del dengue (conocida como dengue hemorrágico) es prevalente en zonas tropicales y subtropicales de la mayor parte de los países de Asia y América Latina. El dengue hemorrágico se caracteriza por fiebre, dolor abdominal, vómitos persistentes, hemorragias y dificultad para respirar. Es una complicación que puede ser mortal, y afecta principalmente a los niños. En el tratamiento del mismo es esencial mantener la volemia.

El único método para limitar la transmisión del virus del dengue consiste en controlar a los mosquitos vectores y protegerse contra sus picaduras.

### **Zika**

Se trata de un flavivirus transmitido por mosquitos (principalmente *A. aegypti*) que se identificó por vez primera en Uganda, 1947. Posteriormente, se identificó en la República Unida de Tanzania. Se han registrado brotes de enfermedad por este virus en África, América, Asia y el Pacífico.

Entre los años sesenta y ochenta se detectaron infecciones humanas en África y Asia. El primer gran brote se registró en la Isla de Yap en 2007. En julio de 2015 Brasil notificó una asociación entre la infección por el virus de Zika y el síndrome de Guillain-Barré, y en octubre del mismo año su asociación con la microcefalia en niños de madres gestantes infectadas.

El periodo de incubación es de pocos días. Los síntomas son similares a los de otras infecciones por arbovirus, entre ellas el dengue, y consisten en fiebre, erupciones cutáneas, conjuntivitis, dolores musculares y articulares, malestar y cefaleas; suelen ser leves y durar entre 2 y 7 días.

Tras un examen exhaustivo de los datos, se ha llegado a un consenso científico acerca de la relación causal entre el virus de Zika y la microcefalia y el síndrome de Guillain-Barré.

El virus de Zika se transmite a las personas principalmente a través de la picadura de mosquitos infectados del género *Aedes*, y sobre todo de *A. aegypti* en las regiones tropicales. Asimismo, es posible la transmisión sexual, y se están investigando otros

modos de transmisión, como las transfusiones de sangre. La infección por este virus puede sospecharse a partir de los síntomas y los antecedentes recientes (viajes a zonas endémicas, etc.). Sin embargo, su confirmación requiere pruebas de laboratorio en muestras de fluidos corporales. Suele ser relativamente leve y no necesita tratamiento específico. Los pacientes deben estar en reposo, beber líquidos suficientes y tomar medicamentos para aliviar el dolor y la fiebre. En la actualidad no hay vacunas por lo que la protección contra las picaduras de mosquitos es fundamental para prevenir la infección.

Hay que destacar que este virus ha afectado a millones de personas en el último año. Las condiciones climáticas adecuadas de las áreas donde se ha reportado el virus Zika, especialmente en zonas con una alta densidad de población, son la causa principal del actual brote y la propagación de la enfermedad. El objetivo principal es analizar la distribución global y las zonas previstas de ambos mosquitos *A. aegypti* y *A. albopictus*, principales vectores del virus Zika.

### **Chikungunya**

Se describió por primera vez durante un brote ocurrido en el sur de Tanzania en 1952. Se trata de un virus ARN del género alfavirus. La enfermedad se da en África, Asia y el subcontinente indio. En los últimos decenios los vectores de la enfermedad se han propagado a Europa y las Américas. El virus se transmite de una persona a otra por la picadura de *A. aegypti* y *A. albopictus*.

La fiebre Chikungunya se caracteriza por la aparición súbita de fiebre, generalmente acompañada de dolores articulares. Otros signos y síntomas frecuentes son: dolores musculares, dolores de cabeza, náuseas, cansancio y erupciones cutáneas. Los dolores articulares suelen ser muy debilitantes, pero generalmente desaparecen en pocos días. La mayoría de los pacientes se recuperan completamente, pero se han descrito casos ocasionales con complicaciones oculares, neurológicas y cardíacas, también con molestias gastrointestinales. Las complicaciones graves no son frecuentes, pero en personas mayores la enfermedad puede contribuir a la muerte. A menudo los pacientes solo tienen síntomas leves y la infección puede pasar inadvertida o diagnosticarse erróneamente como dengue en zonas donde éste es frecuente. La enfermedad suele aparecer entre 4 y 8 días después de la picadura de un mosquito infectado, aunque el intervalo puede oscilar entre 2 y 12 días.

Para establecer el diagnóstico se pueden utilizar, las pruebas serológicas, como ELISA. Las muestras recogidas durante la primera semana tras la aparición de los síntomas deben analizarse con métodos serológicos y virológicos (RT-PCR).

No existe ningún antivírico específico para tratar la fiebre Chikungunya. El tratamiento consiste principalmente en aliviar los síntomas, entre ellos el dolor articular con analgésicos. No hay vacuna.

### **Fiebre amarilla**

Es una enfermedad vírica aguda, hemorrágica, transmitida por mosquitos de los géneros *Aedes* y *Haemogogus*. El término "amarilla" alude a la ictericia que presentan algunos pacientes.

El periodo de incubación es de 3 a 6 días. Muchos casos son asintomáticos, pero cuando hay síntomas, los más frecuentes son: fiebre, cefaleas, ictericia, dolores musculares (principalmente de espalda), náuseas, vómitos y cansancio. En la mayoría de los casos los síntomas desaparecen en 3 o 4 días.

Sin embargo, un pequeño porcentaje de pacientes entra a las 24 horas de la remisión inicial en una segunda fase, más tóxica. Vuelve la fiebre elevada y se ven afectados varios órganos, generalmente el hígado y los riñones. En esta fase son frecuentes la ictericia, el color oscuro de orina y el dolor abdominal con vómitos, puede haber hemorragias orales, nasales, oculares o gástricas. La mitad de los pacientes que entran en la fase tóxica mueren en un plazo de 7 a 10.

La fiebre amarilla puede prevenirse con una vacuna muy eficaz, segura y asequible. Una sola dosis es suficiente para conferir inmunidad y protección de por vida. La vacuna ofrece una inmunidad efectiva al 99% de las personas vacunadas en un plazo de 30 días.

El virus es endémico en las zonas tropicales de África, América Central y Sudamérica. Las grandes epidemias de fiebre amarilla se producen cuando el virus es introducido por personas infectadas en zonas muy pobladas, con gran densidad de mosquitos y donde la mayoría de la población tiene escasa o nula inmunidad por falta de vacunación.

El diagnóstico de la fiebre amarilla es difícil, sobre todo en las fases tempranas. En los casos más graves puede confundirse con otras enfermedades. En las fases iniciales de la enfermedad a veces se puede detectar el virus en la sangre mediante la reacción en cadena de la polimerasa con retrotranscriptasa. En fases más avanzadas

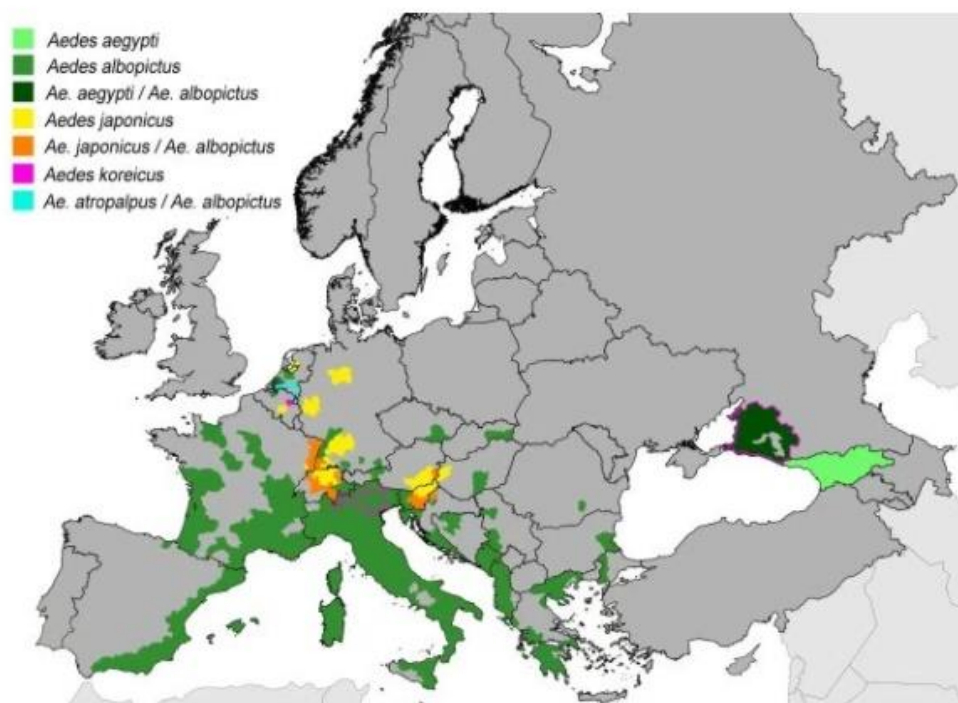
hay que recurrir a la detección de anticuerpos mediante pruebas de ELISA o de neutralización por reducción de placa.

Ocasionalmente, quienes viajan a países donde la enfermedad es endémica pueden importarla a países donde no hay fiebre amarilla. Para evitar estos casos importados, muchos países exigen un certificado de vacunación antes de expedir visados.

La OMS coordina el suministro de vacunas para el control de la fiebre amarilla, que mantiene una reserva de emergencia de dichas vacunas para garantizar una respuesta rápida a los brotes en los países de alto riesgo.

La Iniciativa recomienda que se incluya la fiebre amarilla en los programas de vacunación infantil sistemática (a partir de los 9 meses), que en las zonas de alto riesgo se lleven a cabo campañas de vacunación en masa de todos los grupos de edad superior a 9 meses y que se mantenga la capacidad de vigilancia y de respuesta a los brotes.

#### **4.3 La expansión geográfica de *Aedes***



*Distribución en Europa de los mosquitos invasores del género Aedes*

Los mosquitos en su origen se limitaban exclusivamente a las regiones tropicales y subtropicales. No obstante, y debido a diversos factores entre los cuales destacan la globalización del comercio, el cambio climático, los viajes, etc., han ido progresando en cuanto a distribución geográfica, extendiéndose cada vez más y ocupando hoy en día un gran territorio, fuera de sus lugares de origen. Esto supone un grave problema de salud,

pues son vectores que transmiten numerosos flavivirus. A continuación, nos extenderemos en el asunto, incluyendo algunos estudios al respecto y comentando los casos más importantes de introducción de los mismos en Europa y en España.

Las asociaciones entre el clima y los mosquitos son evidentes, los modelos predictivos se basan en variables climáticas que ayudan a dilucidar la dinámica de población de mosquitos urbanos y su impacto sobre el riesgo de transmisión de enfermedades, permitiendo mejorar escenarios predictivos para desarrollar y apoyar la implementación de estrategias de control.

### **Estudio sobre cómo influyen la temperatura y humedad en *A. aegypti* y la transmisión del Dengue**

Las cifras de población de *A. aegypti* siguen un patrón estacional con alta infestación en el verano y muy baja infestación en el invierno. Las temperaturas bajas afectan negativamente a su supervivencia, lo que conduce a una fuerte caída de la población de vectores. Por otro lado, la alta humedad se asoció con una baja temperatura y por tanto, bajo índice de infestación del mosquito, pero la humedad se asocia con una mayor supervivencia de *A. aegypti*, el desarrollo de huevo y tasas de picadura, lo cual sería contradictorio. Esto se explicaría porque unos niveles elevados de humedad están relacionados con un descenso de la temperatura y varios investigadores creen que la temperatura es el factor más crítico para la supervivencia de *A. aegypti*.

Como la mayoría de infecciones de dengue son asintomáticas, la probabilidad de viajar mientras se está infectado es relativamente alta, lo que contribuye a la difusión viral a otras regiones. El retraso de notificación y confirmación de los casos de dengue es la principal causa de la aplicación tardía de las estrategias de control. Escenarios previstos de cambio climático tienden a un incremento considerable de la incidencia del dengue en el sur de Europa, especialmente en las regiones costeras.

El sur de Brasil se diferencia de otras regiones de Brasil por su clima subtropical, que es similar al del sur de Europa y el sur de Estados Unidos. Por lo tanto, una ciudad brasileña de clima subtropical podría ser un modelo útil para estudiar el establecimiento del dengue y la dinámica en tales áreas. La transmisión intra-anual del dengue es marcadamente estacional en Puerto Rico, con la máxima transmisión durante las temporadas de calor y lluvia.

Durante la estación seca, la mayoría de pupas se produce en recipientes cuyo contenido de agua es manejado por seres humanos. La hipótesis de que la endemicidad del dengue

(transmisión ininterrumpida) se ve favorecida por la producción persistente de mosquitos en recipientes cuya agua es gestionada por la gente, explica la prevalencia de mosquitos adultos en momentos en que la precipitación fue escasa. Los picos en la densidad de mosquitos precedían a la máxima incidencia del dengue.

Uno de los factores más importantes que determina la endemidad del dengue es el hábito de la gente de añadir agua a los contenedores, que puede ser para beber, cocinar, baño u otros fines. De manera que la producción de *A. aegypti* en los contenedores puede ser tan importante como para desencadenar brotes de dengue durante la estación seca si se dan las circunstancias adecuadas.

Normalmente la incidencia del dengue alcanza los niveles más bajos para el final de la temporada seca o inicio de la temporada lluviosa.

### **Proyecciones para el siglo XXI de dengue en Europa**

La globalización y el cambio climático, pueden aumentar la propagación geográfica de las enfermedades transmitidas por vectores en las zonas templadas. El dengue se está expandiendo actualmente desde el sur de Europa hacia el norte y se alarga estacionalmente hasta ocho meses alrededor del verano. La limitación de las emisiones para mitigar el cambio climático podría reducir sustancialmente la probabilidad de eventos de transmisión del dengue en Europa durante el siglo XXI.

Se produjo un brote de dengue en Madeira Portugal, en 2012, la primera en Europa desde 1920. Las estimaciones del potencial epidémico del dengue utilizando la capacidad vectorial (VC), indican la capacidad de los vectores para propagar la enfermedad entre los seres humanos. En comparación con los trópicos, Europa muestra una marcada estacionalidad y heterogeneidad geográfica. A pesar de ser baja, la CV durante el verano es suficiente para que comiencen los brotes de dengue en el sur de Europa si son suficientes las poblaciones de vectores (*A. aegypti* y *A. albopictus*) y se introduce el virus. Este estudio muestra el potencial epidémico del dengue en Europa. Desde 1950, las temperaturas diurnas extremas aumentaron en todo el mundo. Esto podría dar lugar a una elevada vulnerabilidad en Europa para la introducción y el restablecimiento de enfermedades transmitidas por vectores como el dengue.

La mayor preocupación es la expansión geográfica de los virus y vectores del dengue en nuevas áreas. Los principales factores contribuyentes incluyen la introducción del mosquito *Aedes* por el transporte marítimo y cada vez más la importación del virus del dengue a través de viajeros virémicos. El establecimiento subsiguiente de vectores después de la introducción sólo puede ser posible si existen condiciones climáticas y

ecológicas adecuadas. A principios de otoño de 2014, Tokio (Japón), registró la primera epidemia de dengue desde la Segunda Guerra Mundial. Europa también es apta para el establecimiento y restablecimiento de *Aedes* como lo demuestra lo siguiente: *A. aegypti* estuvo presente históricamente en Reino Unido y Francia (1919), España (hasta 1953), Portugal (hasta 1956), y recientemente en los Países Bajos, Rusia y Georgia, 2014. En Madeira, Portugal, *A. aegypti* fue documentado hasta 1977-79 y luego fue restablecido en 2004 y 2005. Madeira experimentó su primer brote importante de dengue en 2012/2013, con más de 2000 casos. *A. albopictus* en Europa dio lugar a los primeros casos conocidos de dengue autóctono en el sur de Francia y Croacia. Hay preocupación de que *A. aegypti* podría ser introducido desde Rusia y Georgia a Europa Occidental a través del tráfico aéreo o marítimo y hacia Europa del Este a través del tráfico vial y marítimo, además del establecimiento proyectado por los vectores en el sur de Europa. La vigilancia actual indica que los vectores *Aedes* han sido introducidos o establecidos en gran parte de la costa mediterránea y hasta los Países Bajos.

Se sabe que el rango de temperatura diurna (DTR) afecta a la actividad de *A. aegypti*. Por lo que, las zonas climáticas templadas con mayor DTR tendrán mayor DEP, mientras que las áreas tropicales con menos DTR tendrán un DEP menor que las estimadas por modelos usando solo la temperatura media. Esto es particularmente relevante para Europa, donde el DTR es mayor que en las áreas tropicales.

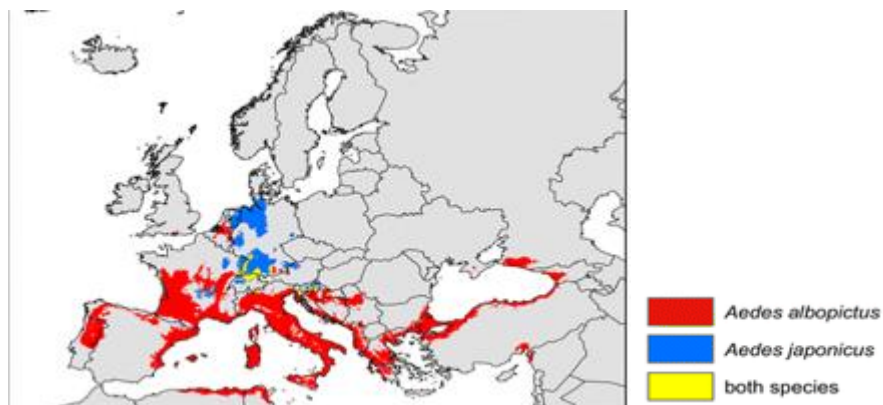
Actualmente, Europa presenta poblaciones de *A. albopictus* principalmente en el área mediterránea, mientras que sólo tres áreas han informado recientemente de *A. aegypti*, Georgia y partes del suroeste de Rusia, además de la isla de Madeira (Portugal). La VC no es suficientemente alta en Europa en el invierno, primavera y otoño para permitir la transmisión de la epidemia. En la temporada de verano, la mayor parte de Europa continental para *A. aegypti* y partes del sur y parcialmente centrales de Europa para *A. albopictus*, tienen condiciones climáticas adecuadas para proporcionar suficiente VC que podrían sostener la epidemia del dengue de temporada. Por lo tanto, si el vector primario, *A. aegypti*, es establecido en las otras partes de Europa en el futuro, podría tener una mayor DEP que el vector secundario *A. albopictus*.

Aunque Europa no tiene actualmente un nivel suficientemente alto de DEP durante todo el año, el aumento de los períodos con temperaturas más altas y mayor variación de temperatura en el futuro debido al cambio climático podría elevar DEP a finales de este siglo. El DEP se podría ampliar hasta el norte de Europa y hasta ocho meses en el sur de Europa bajo la vía de emisión más alta. Bajo la trayectoria de las emisiones más baja se

podría ampliar a Niza y París para *A. aegypti* y en toda Europa central para *A. albopictus*. Por lo tanto, la mitigación del cambio climático podría tener un gran impacto en el rango geográfico de transmisión potencial de dengue en Europa. Estas preocupaciones fueron corroboradas por el brote de dengue en Madeira en 2012. No obstante, la epidemia de dengue es un proceso complejo que involucra muchos factores, la temperatura media y el rango de temperatura diurna son sólo dos de ellos.

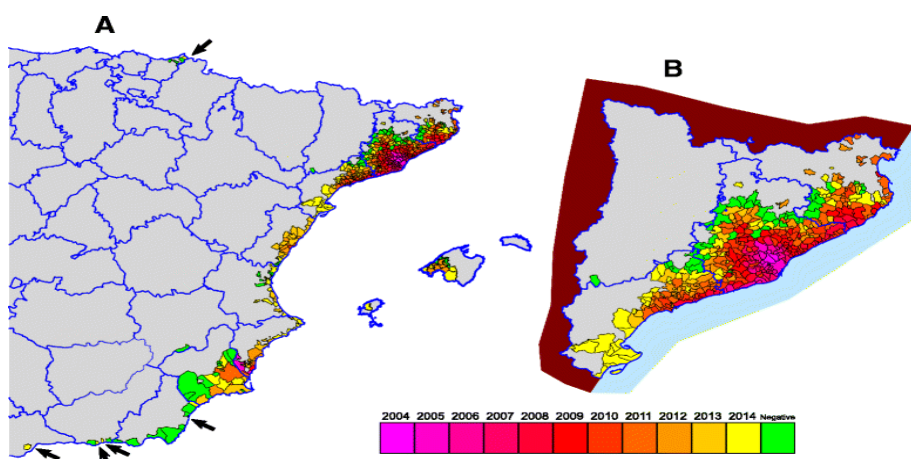
**Estudio sobre la expansión geográfica de *A. albopictus* y *A. japonicus*.** Se ha demostrado la idoneidad del hábitat de *A. albopictus* y *A. japonicus* bajo condiciones climáticas actuales y futuras. Ambas especies se modelaron para encontrar condiciones de hábitat adecuadas en diferentes áreas de Europa: *A. albopictus* en las regiones mediterráneas del sur de Europa, *A. japonicus* en las regiones más templadas de Europa Central. En pocas regiones, se proyectaron las condiciones de hábitat adecuadas para solapar a ambas especies. Mientras que *A. albopictus* se prevé que sea generalmente promovida por el cambio climático en Europa, *A. japonicus* se prevé que disminuya. Lo cual se basa en la suposición de que *A. japonicus* no es capaz de adaptarse a las condiciones climáticas más cálidas, sino que se adapta mejor a temperaturas más frías. Esta especie es considerada como una de las más rápidas en cuanto a propagación por el mundo. *A. japonicus* se ha extendido por toda América del Norte y más tarde en Europa central a una velocidad comparable a la de *A. albopictus*. La rápida propagación mundial de estas especies es sin duda favorecida por factores extrínsecos (globalización, etc.) Además, la invasión exitosa de *A. albopictus* es promovida por factores intrínsecos tales como fuerte plasticidad ecológica, que permite a la especie establecerse con éxito en una amplia gama de hábitats con diferentes condiciones climáticas. Ambas especies producen huevos resistentes a la desecación y que pueden sufrir diapausa, lo cual facilitó el transporte y, por consiguiente, la introducción con éxito a muchos lugares del mundo, incluyendo América del Norte, África y más recientemente en Europa occidental. Debido a la introducción en curso y al cambio climático previsto, ambas especies se prevé que continúen su propagación en Europa y por lo tanto seguirá siendo un tema de vigilancia y programas de seguimiento. Por lo tanto, se puede plantear la hipótesis de que *A. japonicus* no se beneficiará especialmente del calentamiento global proyectado a largo plazo (o en menor medida) en comparación con *A. albopictus*. Sin embargo, por ser capaz de soportar temperaturas frías, *A. japonicus* se proyecta más ampliamente establecido en Europa en los años siguientes.

Sin embargo, en vista del cambio climático, la reducción de las precipitaciones podría convertirse en un importante factor que limita la conducción de las fronteras meridionales de los rangos de Europa de estas especies de mosquitos.



#### 4.4 Casos localizados en España

*A. albopictus* fue introducido en España a partir del mercado de productos del sureste asiático. Localizado en 2004 en Barcelona y en 2005 en Alicante y Tarragona, en Baleares se detectó en 2012. Es importante la acción preventiva, con un control exhaustivo y tratamiento a la salida de los lugares de origen de las importaciones. No obstante, estos mecanismos no aseguran que los mosquitos no se puedan propagar, por lo que es necesario establecer una política más restrictiva e intentar erradicar las poblaciones actuales con fumigaciones antes de que se expandan por el territorio. Las medidas que se están adoptando en Cataluña consisten en informar y hacer recomendaciones a la población para evitar la propagación del mosquito.



Registro histórico de los municipios positivos por años (2004-2014). **A** General. **B** Detalle en Cataluña. Las flechas marcan los pequeños municipios aislados positivos. El color verde significa negativos en 2014. El color gris significa que estas áreas no fueron estudiadas.

De 2004 a 2014, *A. albopictus* se ha registrado en 470 municipios de España, destacando la reciente adición en 2014 de Málaga, Granada, Almería y Guipúzcoa.

Se ha producido un notable aumento de la distribución de *A. albopictus*, principalmente en Cataluña y Comunidad Valenciana. No sólo ha aumentado, sino que se ha observado una aceleración del proceso. En lo que respecta a los archipiélagos españoles, *A. albopictus* ha sido registrado en Mallorca e Ibiza, mientras que está ausente en las Islas Canarias, donde se lleva una vigilancia activa a través de puertos y aeropuertos.

Los últimos casos de dengue autóctono en España se produjeron en la primera mitad del siglo XX y se asociaron a la presencia de *A. aegypti* (L., 1762). En 2013, el Centro Español de Alertas de Salud y Emergencia, publicó un análisis de riesgos sobre el dengue y llegó a la conclusión de que el riesgo de transmisión local en España sería bajo. Sin embargo, los casos importados de dengue se registraron en casi todas las comunidades autónomas de España, donde se reportó la mayor cantidad de casos en Cataluña y Madrid, seguido de País Vasco y Comunidad Valenciana y se informó del máximo número de casos durante agosto y septiembre. El mayor número de casos importados alcanzó su punto máximo en 2010, en coincidencia con el máximo número de casos observados en los países de origen en ese momento. Los casos de dengue importados suponen un riesgo de transmisión local en España, como ya se ha mencionado para Francia. Cataluña es la región con el mayor número de casos importados y la distribución más amplia de *A. albopictus*, lo que demuestra el mayor riesgo de transmisión local del dengue. Además de eso, la distribución de *A. albopictus* se está ampliando año tras año lo que aumenta aún más el riesgo de transmisión local.

En lo que respecta a Chikungunya, los casos importados de la India a España son más recientes (2006) y escasos. Además, los numerosos casos reportados desde el Caribe en 2013 suponen un aumento de los casos totales importados en España. Debido a la alerta sanitaria declarada en Francia, se llevó a cabo en España una evaluación rápida del riesgo sobre el Chikungunya, donde el nivel de riesgo se considera medio debido a los numerosos casos producidos en las islas del Caribe, la alta frecuencia de conexiones de vuelos entre ambas regiones y la presencia de *A. albopictus* en España. El número acumulado de casos confirmados de Chikungunya importados en España era de 266 en

el año 2014, la mayoría de ellos (96%) de América Latina. 70 de estos casos confirmados fueron detectados en Cataluña, donde *A. albopictus* está bien establecido. Por último, destacar que, hasta el momento, no se han detectado casos autóctonos de dengue o Chikungunya en España.

#### **4.5 Medidas de control**

La principal medida de control es la eliminación de sus posibles criaderos y la aplicación de larvicidas a lugares donde haya aguas estancadas. La fumigación de insecticidas para mosquitos adultos durante las epidemias urbanas es otra opción, pero poco recomendable, porque genera resistencias. Se recomienda eliminar sitios donde se acumula agua como tanques de agua, neumáticos, etc., fumigar diariamente las casas, sitios de trabajo y de estudio. También, la utilización de repelente en las partes del cuerpo descubiertas; los recomendados son aquellos que contienen DEET en concentraciones del 30 al 35 %, además, la ropa debe ser impregnada con un repelente que contenga permetrina. Buscar en el domicilio posibles criaderos de mosquitos y destruirlos, tratamiento de aguas estancadas de fuentes y piscinas, utilizar protección en los ambientes como mosquiteros en las ventanas y puertas, uso de corrientes de aire en los accesos a las habitaciones, control de la temperatura ambiente (manteniéndola por debajo de 25°C), uso de ropa de color claro y de material adecuado para el aislamiento. Hoy en día, la mayoría de los esfuerzos de control se basan en la reducción del número de cría de larvas y no en los insecticidas. Hay que destacar que el pilar fundamental de la campaña de control es la eliminación de los criaderos de *Aedes*.

Por otro lado, están las ovitrampas, recipientes que crean un hábitat favorable para que la hembra de *Aedes* deposite sus huevos. Se utiliza para detectar precozmente la presencia del vector, así como para monitorear localidades con baja infestación. Es un instrumento de Vigilancia Entomológica que se coloca en lugares estratégicos. Además, en la naturaleza existen controladores del mosquito: murciélagos, peces de aguas dulces y la bacteria *Lysinibacillus sphaericus*

El impacto de la temperatura y el tamaño corporal es fundamental en la variación del tono del vuelo (acústica). Los machos utilizan el tono del vuelo de las hembras como medio de localización de las mismas, por lo que aprovechando esto, se ha ingeniado una

“trampa” para atraer a los mosquitos machos como método para controlar las poblaciones de estos mosquitos.

En cuanto a las fumigaciones, recordar que generan resistencias y que el abuso puede ser contraproducente para su control, así como para el medio ambiente. Los productos que se utilizan para fumigar son insecticidas y larvicidas. La fumigación no es un método de prevención, sino un método de control del mosquito adulto, cuando han fracasado las medidas de prevención previas.

Por último, además del control vectorial, la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero reduce el futuro potencial epidémico de estas enfermedades en Europa.

Los programas de control de vectores son la mejor manera de reducir la carga de las enfermedades transmitidas por mosquitos. El control químico se utiliza con mayor frecuencia en los últimos tiempos, y por desgracia, los resultados no han sido satisfactorios. Las investigaciones de los métodos de control alternativos como la liberación de mosquitos infectados con *Wolbachia* para bloquear patógenos transmitidos por vectores y la liberación de mosquitos transgénicos portadores de un gen letal para la descendencia están en marcha en Brasil, y algunos han mostrado prometedores resultados. Especial énfasis debe colocarse en la gestión integrada de todas las tácticas disponibles, a fin de maximizar los esfuerzos para el control de mosquitos. Por último, destacamos que las acciones continuas y las iniciativas de control de participación comunitaria son de importancia crítica para el éxito.

En los países donde se ha extendido el mosquito, la lucha para su erradicación resulta difícil y muy cara, por lo que es conveniente actuar lo más rápidamente posible sensibilizando a las instituciones y ciudadanía para evitar esta propagación. La educación de la sociedad es, por tanto, otro factor importante en la prevención. Es posible reducir la letalidad mediante el diagnóstico precoz y el manejo adecuado de los casos.

## 5. CONCLUSIONES

*A. albopictus* es relativamente más peligroso que *A. aegypti* por un par de razones. La primera es que *A. albopictus* tiene una distribución mayor, ya que aguanta mejor el frío. La segunda es que ha desplazado a *A. aegypti* de zonas donde éste predominaba.

No obstante, hay que tener en cuenta que la presencia de mosquitos del género *Aedes* no significa necesariamente la posibilidad de una epidemia. Para ello tiene que haber además una alta densidad, (cosa que propicia un clima adecuado), y presencia del virus, así como de hospedadores susceptibles.

A pesar de que la eliminación total de un mosquito de un territorio en el que se ha establecido no es un objetivo alcanzable, la rápida detección de la especie en zonas de reciente colonización aumenta considerablemente las posibilidades de obtener éxito en el mantenimiento de niveles poblacionales aceptables para la salud pública, a través de acciones de lucha antivectorial y sensibilización ciudadana. Por lo tanto, el cambio de comportamiento es un elemento crucial en lo concerniente a las enfermedades transmitidas por vectores. La OMS colabora con asociaciones a fin de difundir conocimientos y mejorar la sensibilización, de manera que las personas sepan cómo protegerse a sí mismas y proteger a sus comunidades contra los mosquitos.

La identificación de las áreas con alto riesgo de transmisión puede informar sobre las estrategias de prevención y control de vectores, y ayudar en la planificación para el diagnóstico y tratamiento.

Debido a la relevancia de este tipo de vectores y a la creciente propagación, es necesaria más vigilancia en Europa, centrándose en las regiones donde la idoneidad del hábitat se prevé que sea alta. La predicción de la presencia de dichas enfermedades en regiones específicas es un reto que los programas de control deben cumplir con el fin de planificar y ejecutar las intervenciones de control y medidas de adaptación al cambio climático.

Por último, comentar que, aunque en España por el momento no se han producido casos autóctonos de enfermedades víricas transmitidas por *Aedes*, no se descarta la posibilidad de que pueda surgir algún caso, puesto que en algunas zonas se reúnen las condiciones apropiadas. Por lo tanto, es muy importante un control constante al respecto.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Barretto W, Ralph A, M-Sousa, Ceretti W, Toledo M. Mosquito populations dynamics associated with climate variations. 2017;166: 343–350. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001706X16308919>
2. Carvalho BM , Rangel EF, Vale MM. La evaluación de los impactos del cambio climático en los vectores de enfermedades a través de modelos de nicho ecológico. -Boletín de investigación de Entomología. 2016; 1-12. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27974065>
3. Collantes F, Delacour S, Ruiz Around I, Delgado JA, Eritria R, Molina R, et al. Review of ten- years presence of *Aedes albopictus* in Spain 2004-2014: known distribution and public health concerns. Parasites and vectors. 2015; 8(655)
4. Cunze S, Koch L, Kochmann J, Klimpel S. *Aedes albopictus* and *Aedes japonicus* - two invasive mosquito species with different temperature niches in Europe. 2016; 573(9). Doi: 10.1186/s13071-016-1853-2. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5097377/>
5. Da Cruz Ferreira DA , Degener CM , de Almeida Marques-Toledo C , Bendati MM , Fetzer LO , Teixeira CP , et al. Meteorological variables and mosquito monitoring are good predictors for infestation trends of *Aedes aegypti*, the vector of dengue, chikungunya and Zika. 2017 ;10(1):78. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28193291>
6. De Górgolas Hernández M, Ramos Rincón JM; *Medicina del Viajero*; Madrid; Panamericana; 2015; Capítulo 3; Enfermedades del viajero transmitidas por los insectos; 69-76.
7. Juanes Pardo JR, Arrazola Martínez MP, Astasio Arbiza P; *Viajes Internacionales, Recomendaciones generales y vacunas*; 3ª Edición; Madrid; GlaxoSmithKline; 2008; Capítulo V; Enfermedades transmitidas por Artrópodos; 135-157.
8. Liu-Helmersson J, Quam M, Wilder-Smith A, Stenlund H, Ebi K, Massad E, Rocklöv J. Climate Change and Aedes Vectors: 21st Century Projections for Dengue Transmission in Europe. *EBioMedicine*. 2016;7:267-77. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4909611/>
9. Smith L, Kasai S, Jeffrey G. Scott. Pyrethroid resistance in *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*: Important mosquito vectors of human diseases. 2016; 133: 1-12. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048357516300220>
10. Villarreal SM, Winokur O, Harrington L. The Impact of Temperature and Body Size on Fundamental Flight Tone Variation in the Mosquito Vector *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): Implications for Acoustic Lures. *J Med Entomol*. 2017. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28402550>
11. Mosquitos, *Aedes Aegypti*. Departamento de Parasitología y Micología. Laboratorio de Entomología. Disponible en: <http://www.higiene.edu.uy/parasito/teo09/aedes.pdf>
12. Plan de acciones de prevención y control de enfermedades transmitidas por *Aedes aegypti*; República Dominicana; Organización Panamericana de la salud; 2015. Disponible en: [http://www.paho.org/dor/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1917:plan-acciones-prevencion-enfermedades&Itemid=213](http://www.paho.org/dor/index.php?option=com_content&view=article&id=1917:plan-acciones-prevencion-enfermedades&Itemid=213)
13. Salud Escolar. (2016). *Aedes Aegypti* y *Aedes Albopictus*. Ceip. Disponible en: [http://www.ceip.edu.uy/documentos/galerias/prensa/1243/pre\\_aedes\\_aegypti.pdf](http://www.ceip.edu.uy/documentos/galerias/prensa/1243/pre_aedes_aegypti.pdf)

