



**FACULTAD DE FARMACIA**

Grado en Farmacia

**INFLUENCIA DEL CAMBIO  
CLIMÁTICO Y LA GLOBALIZACIÓN  
EN LA TRANSMISIÓN DE  
ARBOVIRUS**

Memoria de Trabajo Fin de Grado

Sant Joan d'Alacant

Junio 2025

**Autor:** María Brotons Escribano

**Modalidad:** Revisión bibliográfica

**Tutor/es:** Diego Torrús Tendero

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
1.1. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SALUD .....	4
1.2. INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DINÁMICA DE TRANSMISIÓN DE LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES. ....	6
1.3. ARBOVIRUS .....	6
1.3.1. CICLO BIOLÓGICO DE ENFERMEDADES VÍRICAS TRANSMITIDAS POR <i>Aedes</i> . ....	7
1.3.2. CICLO DE BIOLÓGICO DE ENFERMEDADES VÍRICAS TRANSMITIDAS POR <i>Culex</i> .....	10
1.4. SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA ACTUAL EN ESPAÑA. ....	11
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
3.1. OBJETIVO PRINCIPAL .....	13
3.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS.....	13
<b>4. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>13</b>
4.1. DISEÑO DE ESTUDIO .....	13
4.2. CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD.....	13
4.3. FUENTES DE INFORMACIÓN .....	14
4.4. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA .....	14
4.5. PROCESO DE EXTRACCIÓN Y LISTA DE DATOS .....	15
4.6. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	16
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>16</b>
5.1. PROCESO DE SELECCIÓN DE ESTUDIOS .....	16
5.2. DIAGRAMA DE FLUJO DE ELECCIÓN DE ESTUDIOS .....	17
5.3. ARTÍCULOS SELECCIONADOS.....	18
5.4. SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA Y MODELIZACIÓN DEL RIESGO DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES.....	19
5.5. RELACIÓN DE LOS ARBOVIRUS CON LOS FACTORES AMBIENTALES Y FACTORES ANTROPONÓTICOS.....	22
5.7. ESTRATEGIAS DE CONTROL DE VECTORES.....	29
5.8. LIMITACIONES DEL TRABAJO.....	32
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>32</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>34</b>

## RESUMEN

**Introducción:** El cambio climático es una amenaza para la salud mundial. Los cambios en la temperatura junto a otros factores están influyendo en la distribución de enfermedades zoonóticas. Los arbovirus son un grupo de virus transmitidos por vectores que están extendiendo su distribución a nuevas zonas, como España donde se ha detectado la presencia de mosquitos responsables de la transmisión.

**Objetivos:** El objetivo principal de este trabajo de fin de grado es realizar una revisión bibliográfica sobre la relación del cambio climático y la globalización con los arbovirus. Además, de conocer los principales métodos de control vectorial, así como determinar el impacto de nuevos virus emergentes.

**Materiales y métodos:** Revisión bibliográfica de los artículos recuperados de las bases de datos de PubMed Advanced y Embase Advanced.

**Resultados y discusión:** De los 242 artículos recuperados, una vez aplicados los criterios de elegibilidad, se seleccionaron 12 artículos (metaanálisis, revisión sistemática y artículos de revisión) que hablaban del cambio climático, factores antropogénicos, control vectorial y/o nuevos virus emergentes siempre relacionados con alguna de las especies de arbovirus incluidas en la revisión (dengue, zika, chikungunya, virus del Nilo Occidental).

**Conclusión:** El cambio climático junto con los factores antropogénicos está favoreciendo la expansión de los arbovirus. La combinación de estos elementos plantea un desafío creciente, lo que hace necesario reforzar la vigilancia epidemiológica y las estrategias de control de vectores.

**Palabras clave:** Arbovirus, zika, dengue, chikungunya, virus del Nilo Occidental, cambio climático, temperatura, precipitación, factores antropogénicos, movimientos poblacionales.

## **ABSTRACT**

**Introduction:** Climate change is a threat to global health. Changes in temperature, along with other factors, are influencing the distribution of zoonotic diseases. Arboviruses are a group of vector-borne viruses that are expanding their distribution to new areas, such as in Spain, where the presence of mosquitoes responsible for transmission has been detected.

**Objectives:** The main objective of this final degree Project is to conduct a literature review on the relationship between climate change and globalization with arboviruses. In addition, to identify the main vector control methods and determine the impact of new emerging viruses.

**Materials and Methods:** Literature review of articles retrieved from PubMed Advanced and Embase Advanced databases.

**Results and Discussion:** Of the 242 articles retrieved, after applying the eligibility criteria, 12 articles were selected (meta-analyses, systematic reviews, and review articles) that addressed climate change, anthropogenic factors, vector control and/or emerging viruses, always related to one of the arbovirus species included in the review (dengue, zika, chikungunya, West Nile virus).

**Conclusion:** Climate change, together with anthropogenic factors, is favoring the expansion of arboviruses. The combination of these elements poses a growing challenge, making it necessary to strengthen epidemiological surveillance and vector control strategies.

**Keywords:** Arboviruses, zika, dengue, chikungunya, West Nile virus, climate change, temperature, precipitation, anthropogenic factors, population movements.

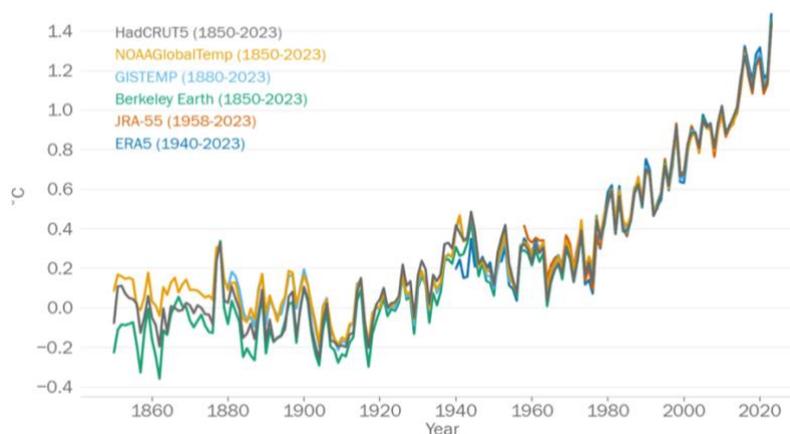
## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SALUD

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) identifica al cambio climático como el mayor desafío para la salud mundial del siglo XXI <sup>(1)</sup>. Este fenómeno afecta ampliamente a los entornos físicos, así como sistemas naturales y humanos. A medida que las condiciones climáticas experimentan variaciones, se registran eventos meteorológicos y climáticos intensos y recurrentes, que incluyen tormentas, calor extremo, inundaciones, sequías e incendios forestales. Sin embargo, su impacto no se limita a estos efectos directos, sino que también influye de forma indirecta en otros aspectos, como la salud <sup>(2)</sup>.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue creado en 1988 con el objetivo de proporcionar análisis detallados sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias para enfrentarlo <sup>(3)</sup>. En su sexto informe, concluye en que el cambio climático afecta a la salud de numerosas formas, ya que los riesgos climáticos aparecen con mayor rapidez y se intensifican antes de lo previsto, siendo más complicado adaptarse con un calentamiento mundial acelerado <sup>(2)</sup>.

El calentamiento global, definido como el incremento de las temperaturas combinadas del aire en la superficie y de la superficie del mar promediadas en todo el mundo y durante un periodo de 30 años, se expresa en relación con el periodo 1850-1900, conocido como la época preindustrial <sup>(4)</sup>. En la figura 1, se puede apreciar cómo la temperatura ha aumentado hasta la actualidad.



**Figura 1:** Diferencia de la temperatura media global (°C) comparada con el promedio 1859-1900 (Fuente: Organización Meteorológica Mundial) (5).

En 2023, se registró un nuevo récord en la temperatura media anual, alcanzando 1,45°C por encima de la línea de base preindustrial; además, en 2024, se registraron nuevos máximos de temperaturas <sup>(6)</sup>. Este aumento sostenido de la temperatura no solo refleja el cambio climático, sino que también se está intensificando la frecuencia y la intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, los cuales tienen efecto directo sobre la salud y mortalidad a nivel global <sup>(2)</sup>.

El físico Manuel de Castro Muñoz de Lucas define el cambio climático antropogénico como aquellas alteraciones que afectan a los climas debido al calentamiento excesivo del planeta, originado principalmente por la concentración de gases de efecto invernadero como consecuencia de la actividad humana <sup>(7)</sup>.

Un ejemplo alarmante de estos impactos es el aumento de la probabilidad y de la severidad de las sequías. En 2023, se reportó que el 48% de la superficie terrestre mundial se vio afectada al menos con un mes de sequía, siendo el segundo año con mayor afectación después de 1951. La sequía puede influir en la transmisión de enfermedades transmitidas por vectores y por el agua, además de comprometer el acceso de agua, la seguridad alimentaria, entre otros factores <sup>(6)</sup>.

Asimismo, el cambio climático también está asociado con un aumento en la frecuencia e intensidad de las precipitaciones extremas en la mayoría de las zonas terrestres. Este fenómeno meteorológico aumentó un promedio de 9,7% durante 1994-2023, en comparación a los 30 años anteriores. Las precipitaciones extremas pueden provocar inundaciones, elevando el riesgo de lesiones y ahogamientos, además puede producir daños ambientales y estructurales, así como favorecer brotes de enfermedades transmitidas por el agua <sup>(6)</sup>.

## **1.2. INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DINÁMICA DE TRANSMISIÓN DE LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES.**

Actualmente, las enfermedades vectoriales son responsables de más de 700.000 muertes anuales, y si no se implementan medidas preventivas estas cifras podrían seguir aumentando <sup>(2)</sup>.

El cambio climático está afectando significativamente a los patógenos como parásitos, virus y bacterias, así como en los vectores y hospedadores, alterando la transmisión de muchas enfermedades. En la actualidad, muchos vectores han expandido su presencia a nuevas latitudes y altitudes, además de permanecer activos durante periodos más largos en el año <sup>(8)</sup>.

La propagación de las enfermedades transmitidas por vectores se está viendo favorecida por los cambios en los patrones de temperatura y precipitaciones asociados al cambio climático <sup>(2)</sup>. Un ejemplo claro de ello es el aumento de la temperatura media de determinadas regiones, que puede favorecer la propagación de enfermedades transmitidas por mosquitos, al permitir que estos vectores colonicen áreas geográficas previamente no favorables para su supervivencia <sup>(8)</sup>.

## **1.3. ARBOVIRUS**

Los arbovirus forman parte del grupo de enfermedades transmitidas por vectores. Estos virus son transmitidos por la picadura de artrópodos, principalmente por mosquitos y garrapatas, a un huésped vertebrado, incluido el ser humano <sup>(9)</sup>.

En la siguiente tabla podemos observar los arbovirus de mayor relevancia clínica para el ser humano. En la tabla los virus están organizados según a la familia a la que pertenecen; dentro de cada familia se presentan los diferentes géneros taxonómicos. Para cada uno se indica también el vector, el huésped, su distribución geográfica y las manifestaciones clínicas, que se pueden agrupar en cuatro síndromes clínicos: síndrome febril indiferenciado o sin focalidad, fiebres hemorrágicas, meningoencefalitis o artritis (Tabla 1).

Virus	Vector	Huésped	Clínica	Distribución geográfica
<i>Togaviridae / Alphavirus</i>				
Chikungunya	Mosquitos	Humanos, primates	SF, PA	Af, As
Ross River	Mosquitos	Humanos, marsupiales	SF, PA	O
Mayaro	Mosquitos	Aves	SF	AS
O'nyong-nyong	Mosquitos	¿?	SF	Af
Sindbis	Mosquitos	Aves	SF	As, Af, O, E, A
Barmah Forest	Mosquitos	¿?	SF, PA	O
Encefalitis equina oriental	Mosquitos	Aves	SF, ME	A
Encefalitis equina occidental	Mosquitos	Aves, conejos	SF, ME	A
Encefalitis equina de Venezuela	Mosquitos	Roedores	SF, ME	A
<i>Flaviviridae / Flavivirus</i>				
Dengue 1-4	Mosquitos	Humanos, primates	SF, FH	Trópicos
Fiebre amarilla	Mosquitos	Humanos, primates	SF, FH	Af, AS
Encefalitis japonesa	Mosquitos	Aves, cerdos	SF, ME	As, Pacífico
Encefalitis del Valle Murray	Mosquitos	Aves	SF, ME	Australia
Rocio	Mosquitos	Aves	SF, ME	AS
Encefalitis de San Luis	Mosquitos	Aves	SF, ME	A
Virus del Nilo occidental	Mosquitos	Aves	SF, ME	Af, E, AN
Enfermedad de los bosques de Kyasanur	Garrapatas	Primates, roedores, camellos	SF, FH, ME	India, Arabia Saudi
Omsk	Garrapatas	Roedores	SF, FH	As
Encefalitis transmitida por garrapatas	Garrapatas	Aves, roedores	SF, ME	E, As, AN
<i>Bunyaviridae / Phlebovirus</i>				
Fiebre del flebotomo	Flebotomos	¿?	SF,	E, Af, As
Fiebre del Valle Rift	Mosquitos	¿?	SF, ME, FH	Af, OM
Virus de Toscana	Flebotomos	¿?	SF, M, ME	Mediterráneo
<i>Bunyaviridae / Bunyavirus</i>				
Encefalitis de la Crosse	Mosquitos	Roedores	SF, ME	AN
Encefalitis de California	Mosquitos	Roedores	SF, ME	AN, E, As
Oropouche	Midges	¿?	SF	A
<i>Bunyaviridae / Nairovirus</i>				
Fiebre hemorrágica del Congo-Crimea	Garrapatas	Roedores	SF, FH	E, As, Af

FH: fiebre hemorrágica; M: Meningitis; ME: meningoencefalitis; PA: poliartrosis; SF: síndrome febril.  
Af: África; AN: América del Norte; AS: América del Sur; As: Asia; E: Europa; O: Oceanía; OM: Oriente Medio.

**Tabla 1:** Arbovirus de mayor importancia clínica para el hombre (Fuente: Sánchez-Seco MP et al.)  
(10).

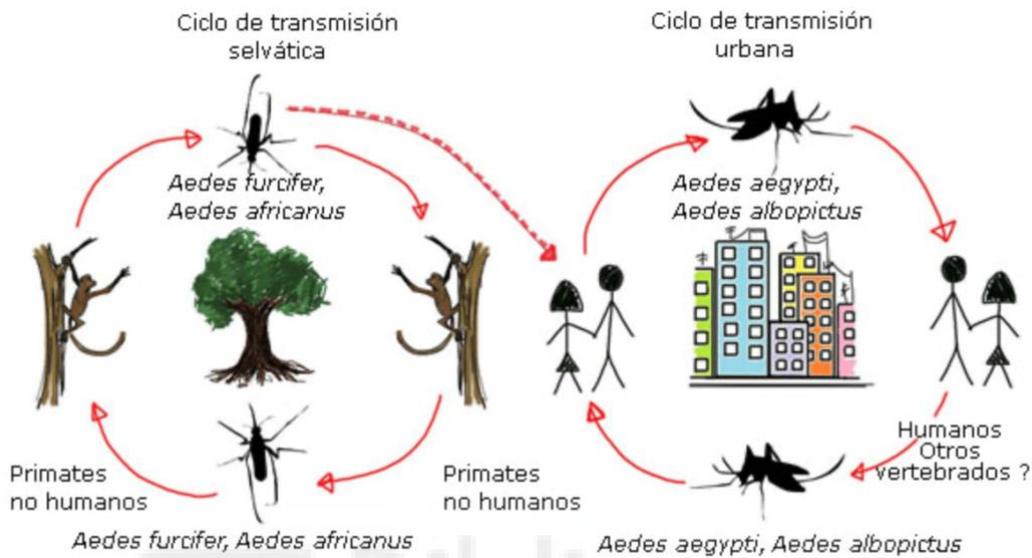
Aunque, como se puede observar existe una gran variedad de arbovirus, en esta revisión nos centraremos en cuatro especies de especial relevancia clínica y epidemiológica: el virus del dengue, el virus zika, el virus chikungunya y el virus del Nilo Occidental (VNO).

### 1.3.1. CICLO BIOLÓGICO DE ENFERMEDADES VÍRICAS TRANSMITIDAS POR AEDES.

Las infecciones por los virus del dengue, zika y chikungunya comparten un mismo vector: mosquitos del género *Aedes*, principalmente por las especies *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* <sup>(11)</sup>.

La transmisión comienza cuando una hembra de este mosquito se alimenta de la sangre de un individuo virémico, es decir, que presenta el virus circulando por la sangre. Tras la ingestión del virus, este penetra en el intestino del mosquito y se replica en distintos tejidos durante lo que se conoce como el periodo de incubación extrínseco (EIP). Cuando el virus alcanza las glándulas salivales del

mosquito, este se convierte en competente para la transmisión. Cuando un mosquito infectado pica a un hospedador humano susceptible, se inicia el periodo de incubación intrínseco en el ser humano, que finaliza con la aparición de los primeros síntomas clínicos <sup>(11)</sup>.



**Figura 2:** Ciclo biológico de transmisión de Dengue, Zika y Chikungunya (Fuente: Martínez Fernández Liodelvio et al.) (12).

### 1.3.1.1. DENGUE

El dengue es una enfermedad arboviral causada por un virus de ARN de la familia *Flaviviridae*, género *Flavivirus*. Su principal vía de transmisión es a través de la picadura de mosquitos del género *Aedes*, capaces de infectar al ser humano con alguno de los cuatro serotipos del virus dengue. Existen otras formas de transmisión menos frecuentes como la transfusión de sangre, el trasplante, la vía vertical o incluso transmisión sexual. En entornos urbanos, el virus presenta un ciclo humano-mosquito-humano, mientras que en zonas selváticas los primates no humanos actúan como reservorios del virus <sup>(11,13)</sup>.

La infección es asintomática en el 40-80% de los casos <sup>(11,13)</sup>, pero cuando se producen síntomas, el curso suele ser leve con un síndrome febril autolimitado en la mayoría de ellos que suele acompañarse con dolor corporal, mialgias, artralgias, cefalea, eritema y dolor retro-ocular <sup>(14)</sup>. No obstante, alrededor del 5%

de los casos puedan progresar a dengue grave que puede evolucionar a un síndrome de fiebre hemorrágica <sup>(11,13)</sup>.

#### **1.3.1.2. ZIKA**

El virus del zika es un virus ARN perteneciente a la familia *Flaviviridae*, género *Flavivirus*. Se han identificado dos linajes principales: el africano y el asiático. Su principal mecanismo de transmisión es la picadura de mosquitos del género *Aedes* infectados. No obstante, existen casos de transmisión por sangre, vía sexual y transmisión vertical (de madre a hijo). El virus mantiene un ciclo selvático en la que los primates no humanos actúan como reservorios, y un ciclo urbano, que se da entre humano y mosquito <sup>(11,13)</sup>.

La mayoría de las infecciones son asintomáticas, estimándose que alrededor del 25% de las personas infectadas desarrolla manifestaciones clínicas. El cuadro característico es leve y se caracteriza por la aparición de exantema maculopapular, fiebre moderada, artritis o artralgia pasajera, hiperemia conjuntival o conjuntivitis bilateral, así como otros síntomas inespecíficos como mialgia, astenia y cefalea. La infección por este virus se ha relacionado con complicaciones neurológicas como el síndrome de Guillain-Barré, meningitis, meningoencefalitis y mielitis. En mujeres infectadas durante el embarazo, puede causar microcefalia y alteraciones neurológicas en el embrión, feto y recién nacido, lo que se ha descrito como el síndrome de Zika congénito <sup>(11,13)</sup>.

#### **1.3.1.3. CHIKUNGUNYA**

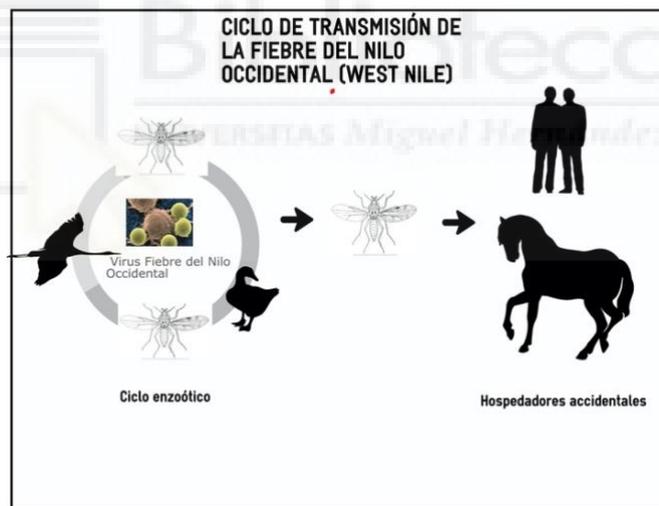
La fiebre de chikungunya es una enfermedad viral causada por un virus del género *Alphavirus*, perteneciente a la familia *Togaviridae*. Este virus presenta varios genotipos, como el del oeste africano, este/central/sur africano y linaje urbano asiático. La principal vía de transmisión a los humanos es la picadura de mosquitos del género *Aedes*. Además, se han descrito casos de transmisión a través de sangre, trasplante de tejidos y órganos <sup>(11,13)</sup>.

Más del 75% de las infecciones son asintomáticas. Cuando hay síntomas, se caracterizan por la aparición repentina de fiebre, escalofríos, cefalea, mialgia,

anorexia, conjuntivitis, lumbalgia, artralgias, artritis y exantema. En hasta en el 60% de los casos, el cuadro puede volverse crónico, manifestándose principalmente con artralgias persistentes <sup>(11,13)</sup>.

### 1.3.2. CICLO DE BIOLÓGICO DE ENFERMEDADES VÍRICAS TRANSMITIDAS POR *CULEX*

Estas enfermedades son consideradas zoonosis, donde el virus se mantiene vivo gracias a su ciclo de transmisión: mosquito-ave-mosquito. Los mosquitos hembra infectados pueden transmitir la enfermedad a través de su picadura a humanos y équidos, que actúan como hospedadores accidentales, por lo que no son capaces de transmitir la enfermedad, solo la padecen. En cambio, las aves actúan como reservorio de estos virus (por ejemplo, VNO, virus de la encefalitis japonesa, virus Usutu) amplificándolos, pero en muchos casos sin padecer la enfermedad clínica <sup>(15)</sup>.



**Figura 3:** Ciclo biológico de transmisión de la fiebre del Nilo Occidental (Fuente: Ministerio de Sanidad) <sup>(15)</sup>.

#### 1.3.2.1. VIRUS DEL NILO OCCIDENTAL

La fiebre del Virus del Nilo Occidental es considerada el arbovirus más extendido geográficamente, debido a su amplia distribución en gran parte del planeta, aunque su origen sea africano. Se trata de un virus ARN del género *Flavivirus*. Existen varios linajes, pero solo los linajes 1 y 2 son los que afectan a humanos,

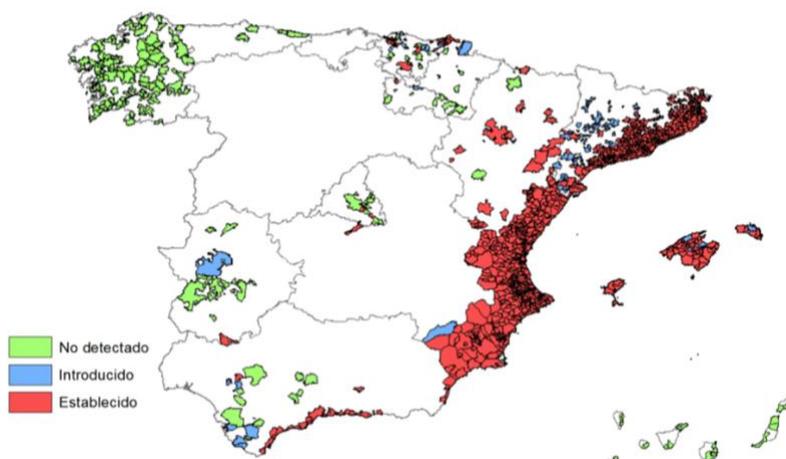
caballos y aves. El linaje 1 se encuentra distribuido globalmente; en cambio, el linaje 2 está descrito principalmente en África y Europa <sup>(11)</sup>.

La mayoría de las infecciones humanas son asintomáticas, aunque aproximadamente un 20% de los casos presentan fiebre, mialgias o incluso manifestaciones neurológicas graves como meningitis, encefalitis y/o parálisis flácida, pero estas se estiman en menos del 1% <sup>(11)</sup>.

#### 1.4. SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA ACTUAL EN ESPAÑA.

Desde 2015, dengue y chikungunya son enfermedades que deben ser notificadas a la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (RENAVE). En 2016, se incluyó como declaración obligatoria el zika a través de la misma Red de Vigilancia <sup>(13)</sup>. Más tarde se incluyó el VNO dentro de las enfermedades de declaración obligatoria <sup>(15)</sup>. Desde el 2016, según los datos declarados, se han notificado 3.828 casos de enfermedades transmitidas por *Aedes*, la gran mayoría, casos importados <sup>(13)</sup>.

En España, el único vector establecido es *Aedes albopictus*. Se detectó por primera vez en Cataluña en 2004. Este mosquito está establecido en el litoral mediterráneo desde Girona hasta Cádiz, incluyendo Baleares, además lo encontramos en Andalucía, Aragón, Castilla La Mancha, Ceuta, Extremadura, Madrid, Navarra, País Vasco y La Rioja (Figura 4) <sup>(13)</sup>.

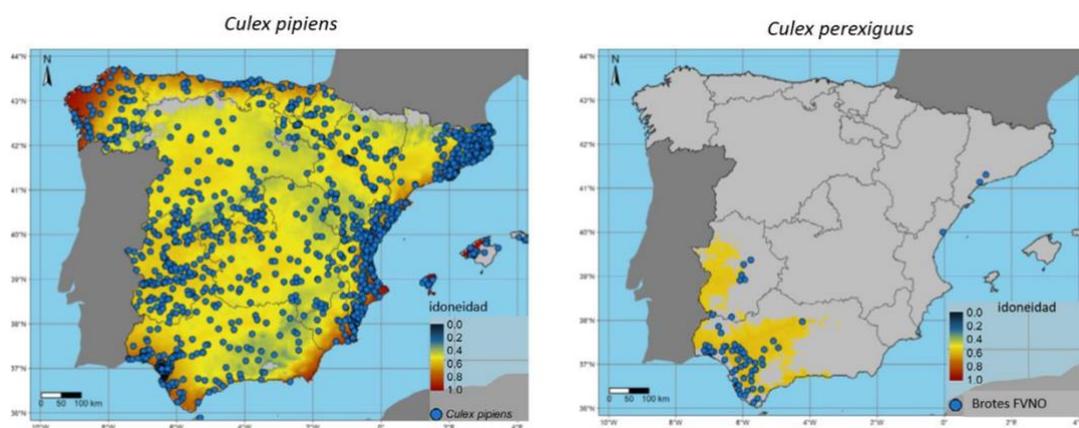


**Figura 4:** Vigilancia entomológica de *Aedes albopictus* en España, 2008-2022 (Fuente: Ministerio de Sanidad) <sup>(13)</sup>.

Aunque, *Aedes albopictus* sea el único vector establecido, también se han detectado otros vectores. *Aedes aegypti* se detectó en Fuerteventura (2017), en la Palma (2022), en Tenerife (2022 y 2023) y en Las Palmas de Gran Canaria (2023). Se han realizado actuaciones de control vectorial muy intensas, y todavía se siguen detectando ejemplares, es por ello por lo que este vector se considera un evento sanitario de interés. *Aedes japonicus* se detectó por primera vez en Asturias (2018) y más tarde en Cantabria (2019) y País Vasco (2020), y aunque está establecido en la cornisa cantábrica, su capacidad vectorial es muy baja <sup>(13)</sup>.

En cambio, entre las especies de especial interés del mosquito del género *Culex*, encontramos *Culex pipiens*, *Culex modestus* y *Culex perexiguus*, debido a que se alimentan de la sangre de las aves y permiten la proliferación y transmisión del VNO <sup>(11)</sup>.

*Culex pipiens* es una especie establecida y ampliamente extendida en las zonas templadas. Como observamos en la figura 5, España reúne las condiciones climáticas adecuadas para su distribución, aunque no homogénea, por todo el país, incluyendo las islas Canarias y Baleares. En el caso de *Culex perexiguus* su distribución se restringe al suroeste de España <sup>(11)</sup>.



**Figura 5:** Ideonidad de *Culex pipiens* y *Culex perexiguus* en Península y Baleares (Fuente: Ministerio de Sanidad) (11).

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Las enfermedades arbovirales representan una amenaza emergente para la salud pública global. Dada la relevancia de este problema, es fundamental analizar la relación entre el cambio climático, la globalización y la transmisión de enfermedades arbovirales para comprender mejor su impacto y desarrollar estrategias de prevención y control más efectivas.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. OBJETIVO PRINCIPAL**

Realizar una revisión bibliográfica sobre la relación con el cambio climático y la globalización de enfermedades transmitidas por vectores, en concreto, las enfermedades arbovirales.

### **3.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS**

1. Determinar los principales métodos control de enfermedades transmitidas por vectores.
2. Determinar el impacto de nuevos virus emergentes.

## **4. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **4.1. DISEÑO DE ESTUDIO**

Con el objetivo de cumplir los objetivos establecidos en el siguiente trabajo de revisión, se ha llevado a cabo una búsqueda bibliográfica de la literatura científica sobre la distribución y transmisión de arbovirus y su relación con el cambio climático y la globalización. Para ello, se han recuperado aquellos artículos que cumplieran los criterios de elegibilidad.

### **4.2. CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD**

Para realizar la selección, se han definido una serie de criterios de elegibilidad (criterios de inclusión y de exclusión).

Los criterios de inclusión de los artículos han sido:

- Artículos desde 2015, incluido.

- Artículos en inglés y en castellano
- Artículos con texto completo.
- Los artículos deben ser revisiones, revisiones sistemáticas, metaanálisis, estudios observacionales y ensayos clínicos.
- Estudios de humanos, exclusivamente.
- Artículos que evalúen los efectos del cambio climático y/o globalización en la transmisión de enfermedades arbovirales.
- Artículos que evalúen las actividades de control de vectores.

Los criterios de exclusión:

- Artículos centrados en otras enfermedades de transmisión vectorial no recogidas en esta revisión (ej.: malaria).

#### **4.3. FUENTES DE INFORMACIÓN**

Las fuentes sobre las que se realizó la búsqueda fueron consultadas a través de Internet, siendo algunas de ellas de acceso libre y otras de acceso privado a través de la Universidad Miguel Hernández. Las búsquedas se realizaron entre diciembre de 2024 hasta marzo de 2025. Las fuentes de información consultadas fueron:

- PubMed Advanced
- Embase Advanced

#### **4.4. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA**

Las palabras empleadas en la estrategia de búsqueda se eligieron con el objetivo de obtener el mayor número de artículos que abordaran temáticas relacionadas con los objetivos establecidos. Las palabras utilizadas son: “Cimate change”, “global warming”, “climatic factors”, “Globalization”, “international travel”, “human migration”, “Arboviruses”, “arbovirus”, “mosquito-borne viruses”.

En ambas fuentes de información, los términos de búsqueda nombrados se combinaron usando los operadores booleanos en función de la necesidad. De los tres operadores booleanos comunes (“and”, “or” y “not”), los que se emplearon fueron:

- AND: Los resultados deben contener todos los términos de búsqueda especificados independientemente del orden y de su posición relativa.
- OR: Los resultados pueden contener cualquiera de los dos términos establecidos.

La estrategia de búsqueda que se siguió en cada base de datos queda reflejada en los cuadros de texto que se encuentran a continuación.

- PubMed Advanced:

((Climate Change) OR (global warming) OR (climatic factors)) AND  
 ((Globalization) OR (international travel) OR (human migration)) AND  
 ((Arboviruses) OR (arbovirus) OR (mosquito-borne viruses) OR (dengue) OR  
 (zika) OR (chikungunya) OR (West Nile virus)) Filters: in the last 10 years,  
 Abstract, Full text, Clinical Trial, Meta-Analysis, Observational Study, Review,  
 Systematic Review, Humans

- Embase Advanced:

('climate change'/exp OR 'climate change' OR 'global warming'/exp OR 'global  
 warming' OR 'climatic factors') AND ('globalization'/exp OR globalization OR  
 'international travel'/exp OR 'international travel' OR 'human migration'/exp  
 OR 'human migration') AND ('arboviruses'/exp OR arboviruses OR  
 'arbovirus'/exp OR arbovirus OR 'mosquito-borne viruses' OR 'dengue'/exp  
 OR dengue OR zika OR 'chikungunya'/exp OR chikungunya OR 'west nile  
 virus'/exp OR 'west nile virus') AND (2015:py OR 2016:py OR 2017:py OR  
 2018:py OR 2019:py OR 2020:py OR 2021:py OR 2022:py OR 2023:py OR  
 2024:py OR 2025:py) AND ('human'/de OR 'meta analysis'/de OR  
 'observational study'/de OR 'systematic review'/de) AND 'review'/it

#### 4.5. PROCESO DE EXTRACCIÓN Y LISTA DE DATOS

Una vez seleccionados los artículos, se elaboró una tabla donde se incluyó la siguiente información de cada uno de ellos:

- Título.
- Año de publicación
- Autor principal
- Tipo de artículo

#### **4.6. CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Este TFG ha sido autorizado por la Oficina de Investigación Responsable de la UMH con el código de aprobación TFG.GFA.DTT.MBE.250128.

### **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **5.1. PROCESO DE SELECCIÓN DE ESTUDIOS**

En primer lugar, los registros identificados en las bases de datos PubMed y Embase fueron 1220, pero al obtener este número tan elevado de artículos se acotó la búsqueda mediante la aplicación de filtros (véase en 4.4). Matizando la búsqueda mediante los filtros se obtuvieron 242. Se realizó un primer cribado eliminando aquellos estudios duplicados mediante Microsoft Excel.

De los artículos obtenidos tras eliminar los duplicados, se descartaron aquellos artículos que claramente no se ajustaban al tema del trabajo o no cumplían los criterios de elegibilidad establecidos, mientras que los que generaban dudas se mantuvieron para ser evaluados posteriormente. Este cribado se realizó mediante la lectura de títulos. Además, se eliminaron aquellos artículos de revisión que hacían referencia a países concretos o situaciones epidemiológicas locales. En este primer cribado pudimos reducir mucho el número de artículos que se habían obtenido de la primera búsqueda.

Una vez obtenidos los artículos que cumplían estrictamente los criterios establecidos, se realizó una lectura crítica de los resúmenes, y se procedió a seleccionar aquellos que se ajustaban más al tema de la revisión y aquellos que mayor evidencia podían aportar. Finalmente, de los 22 artículos restantes se realizó una lectura completa del artículo, obteniendo finalmente los 12 artículos empleados en la revisión. Los motivos de exclusión de los 10 artículos son: artículos centrados en epidemiología o artículos de revisión que no aportaban

conocimiento diferente al ya incluido. También se han incluido artículos seleccionados de las referencias de los artículos seleccionados.

## 5.2. DIAGRAMA DE FLUJO DE ELECCIÓN DE ESTUDIOS

El proceso de selección de artículos se ha realizado conforme al siguiente diagrama:

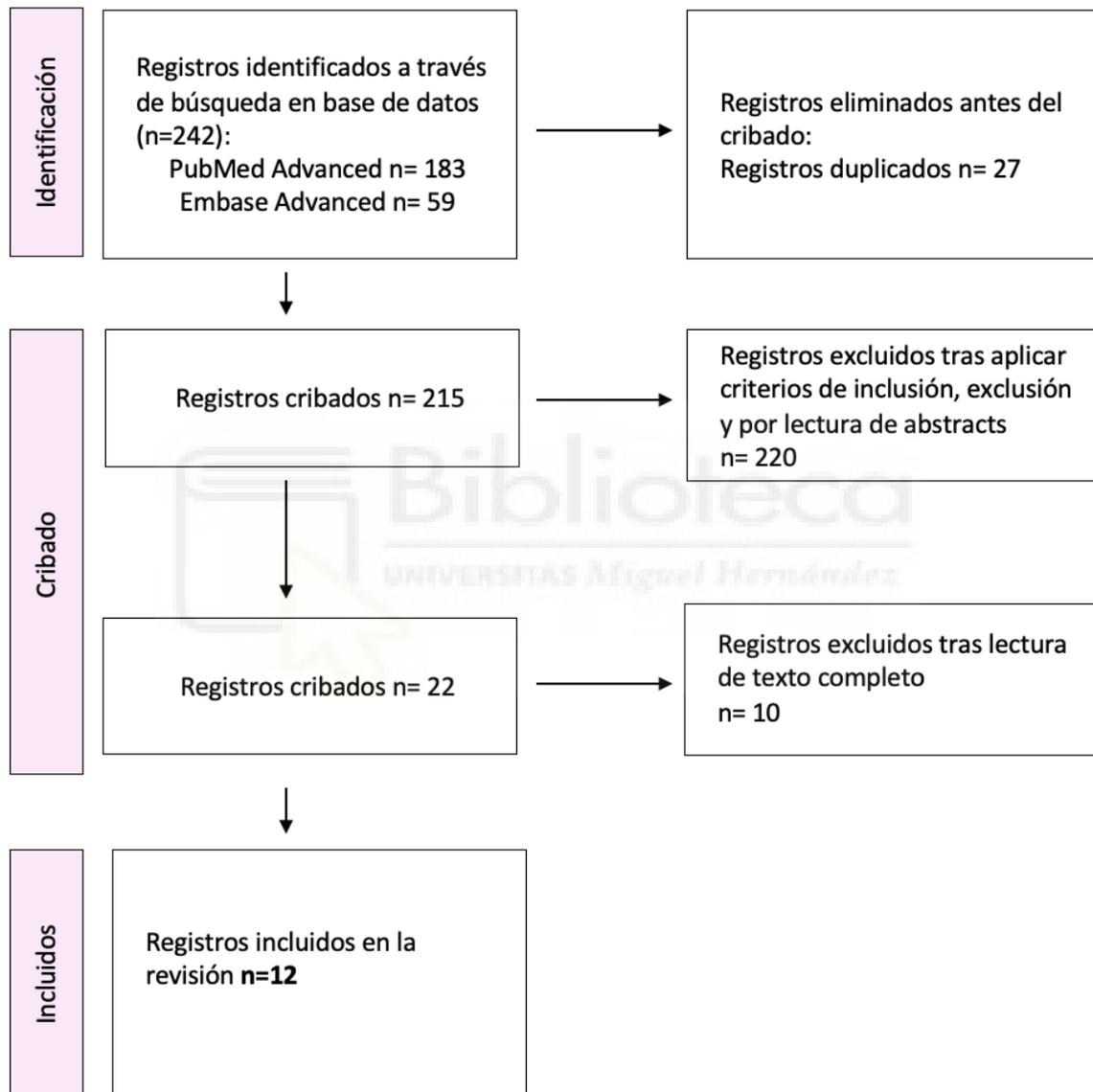


Figura 6: Diagrama de flujo de proceso de elección (Fuente: Elaboración propia).

### 5.3. ARTÍCULOS SELECCIONADOS

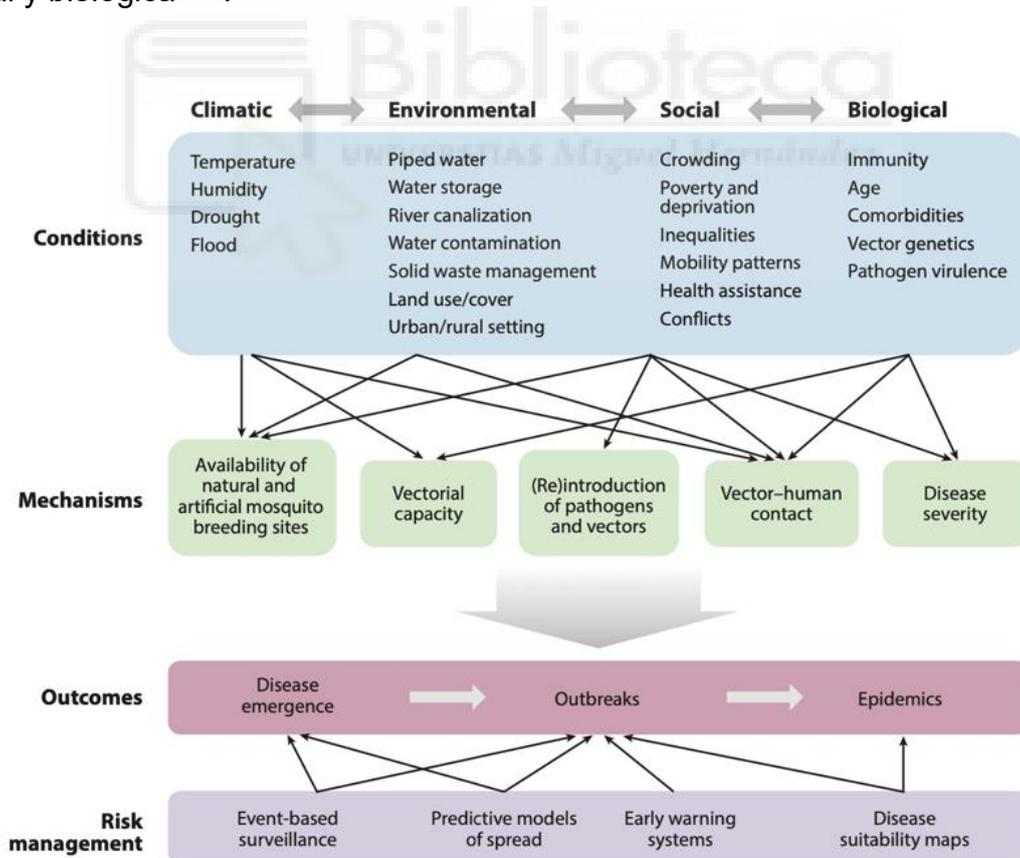
TÍTULO	AÑO	AUTOR	TIPO DE ARTÍCULO
Aedes-borne arboviral human infections in Europe from 2000 to 2023: A systematic review and meta-analysis (16)	2025	Nadja Hedrich et al.	Revisión sistemática y metaanálisis.
Insights into the ecological and climate crisis: Emerging infections threatening human health (17)	2025	Francesco Vladimiro Segala et al.	Artículo de revisión
Harmonizing Multisource Data to Inform Vector-Borne Disease Risk Management Strategies (18)	2025	Rachel Lowe et al.	Artículo de revisión
Impacts of climate change on water-related mosquito-borne diseases in temperate regions: A systematic review of literature and meta-analysis (19)	2024	Zemichael Gizaw et al.	Revisión sistemática y metaanálisis
The greatest Dengue Epidemic in Brazil: Surveillance, Prevention and Control (20)	2024	Rodrigo Gurgel-Gonçalves et al.	Artículo de revisión
Culex-Transmitted Diseases: Mechanisms, Impact, and Future Control Strategies using Wolbachia (21)	2024	Mukund Madhav et al.	Artículo de revisión
Unexpected arboviruses found in an epidemiological surveillance of acute tropical febrile síndrome in the departament of Meta, Eastern Colombia (22)	2024	Liliana Sanchez-Lerma et al.	Artículo de revisión
A systematic review of the data, methods and environmental covariates used to map Aedes-borne arbovirus transmission risk (23)	2023	Ah-Young Lim et al.	Revisión sistemática.
Effects of high temperatures and heatwaves on dengue fever: a systematic review and meta-analysis (24)	2023	Yohannes Tefera Damtew et al.	Revisión sistemática y metaanálisis
The use of drones for mosquito surveillance and control (25)	2022	Gabriel Carrasco-Escobar et al.	Artículo de revisión
Impact of extreme weather on dengue fever infection in four Asian countries: A modelling análisis (26)	2022	Yawen Wang et al.	Estudio de modelización
Dengue Virus Infection and Associated Risk Factors in Africa: A Systematic Review and Meta-Analysis (27)	2021	Gaspar O. Mwanyika et al.	Revisión sistemática y metaanálisis
Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health (28)	2020	Joel Henrique Ellwanger et al.	Artículo de revisión
Addressing vulnerability, building resilience: community-based adaptation to vector-borne diseases in the context of global change (29)	2017	Kevin Louis Bardosh et al.	Artículo de revisión

**Tabla 2:** Artículos incluidos en la discusión (Fuente: Elaboración propia)

#### 5.4. SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA Y MODELIZACIÓN DEL RIESGO DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES

En los últimos años, se han desarrollado iniciativas destinadas para prever las áreas de expansión de las enfermedades transmitidas por vectores, así como identificar con antelación donde ocurrirán los futuros focos epidémicos. Estos sistemas permitirían optimizar la asignación de recursos, tanto en tiempo y lugar (18).

Los sistemas de alerta temprana requieren una buena comprensión de los mecanismos de transmisión y la temprana identificación de señales de riesgo. Tal como se representa en la imagen incluida dentro de la revisión publicada por Rachel Lowe et al., los factores que intervienen en la aparición, propagación y potencial epidémico de las enfermedades transmitidas por los vectores pueden agruparse en cuatro dimensiones interrelacionadas: climática, medioambiental, social y biológica (18).



**Figura 7:** Diagrama que relaciona múltiples factores con los mecanismos de transmisión vectorial (Fuente: Rachel Lowe et al.) (18)

Esta imagen muestra la complejidad de las enfermedades transmitidas por vectores, así como la necesidad de enfoques generales e integrados para poder abordarlo. En la parte superior se representan las condiciones contextuales organizadas en cuatro grandes dimensiones: los factores climáticos (temperatura, humedad, sequías o inundaciones), los factores ambientales (almacenamiento de agua, canalización de ríos, contaminación, uso de suelo, acceso a agua potable o la gestión de residuos), los factores sociales (hacinamiento, pobreza, desigualdad, conflictos o movilidad de la población) y los factores biológicos (inmunidad individual, edad, presencia de comorbilidades o la virulencia del patógeno).

Estas condiciones influyen sobre una serie de mecanismos, entre ellos se encuentra la disponibilidad de criaderos naturales o artificiales para los vectores, su capacidad para transmitir patógenos, la introducción o reintroducción de vectores y agentes infecciosos en un territorio, el contacto entre humanos y vectores, y la severidad de la enfermedad resultante. Todos estos mecanismos están conectados y pueden agravar el riesgo.

La combinación de las condiciones y mecanismos pueden conducir a tres resultados epidemiológicos: emergencia, brotes o epidemias. Ante estos resultados, esta figura propone diferentes estrategias de gestión, que incluyen la vigilancia basada en eventos, modelos predictivos de propagación, sistemas de alerta temprana y elaboración de mapas de idoneidad para la enfermedad.

---

A partir de estas relaciones se pueden extrapolar gran cantidad de datos que se pueden emplear para mapear y predecir la idoneidad climática. Por ejemplo, se puede recopilar y analizar los datos a través de la observación directa de la Tierra. Mediante estaciones meteorológicas se pueden obtener factores meteorológicos medibles como la temperatura del aire, la precipitación, la presión atmosférica, la velocidad y dirección del viento y la humedad. Además, existen otros datos que se pueden emplear: datos demográficos y sociales, datos de movilidad, datos epidemiológicos, datos biológicos, entre otros <sup>(18)</sup>.

Es necesario e importante la armonización de datos para unificar datos dispares de diferentes fuentes en un formato que pueda ser utilizado de múltiples maneras por múltiples personas, pudiendo ofrecer un conocimiento completo y valioso para la vigilancia, el control y la prevención de enfermedades transmitidas por vectores <sup>(18)</sup>.

Los mapas de riesgo se convierten en una herramienta útil, ya que permiten representar visualmente los datos. El uso de mapas puede tener 4 objetivos principales: ofrecer una visión general de la distribución espacial del riesgo a largo plazo y proyectar posibles cambios según distintos escenarios; predecir la

propagación de brotes; evaluar y planificar programas de vacunación; e informar la planificación y la respuesta a brotes aumentando la precisión de las estimaciones de riesgo <sup>(23)</sup>.

Una revisión sistemática reciente identificó 176 estudios sobre modelización del riesgo de transmisión de arbovirus transmitidos por *Aedes* <sup>(23)</sup>. En la tabla 3, extraída de la revisión de Ah-Young Lim et al., podemos ver las covariables empleadas en cada uno de ellos, así como el número de estudios que las emplean y el porcentaje asociado.

Covariates	Number of studies	Percentage (%)
<b>Climatic factors</b>		
Temperature	97	55.1
Mean temperature	78	44.3
Min temperature	21	11.9
Max temperature	16	9.1
Rainfall	78	44.3
Total rainfall	42	23.9
Mean rainfall	23	13.1
Max rainfall	6	3.4
Humidity	25	14.2
Temperature suitability	22	12.5
Bioclimatic variables	6	3.4
El Niño Southern Oscillation Index	4	2.3
Soil moisture (water stress/wetness)	4	2.3
<b>Demographic factors</b>		
Population density	43	24.4
Age	25	14.2
Air travel	15	8.5
Human daily mobility	13	7.4
Vaccination coverage	7	4.0
Sex	7	4.0
<b>Socio-economic factors</b>		
Gross domestic product	15	8.5
Household income	11	6.3
Education/literacy rate	6	3.4
Occupation and employment status	5	2.8
Socio-economic strata	6	3.4
<b>Ecology</b>		
Non-human primates species	6	3.4
Location of breeding sites	4	2.3
Breteau index	3	1.7
Adult mosquito abundance	2	1.1
<b>Environmental factors</b>		
Vegetation	27	15.3
Elevation/altitude	25	14.2
Urbanisation	22	12.5
Distance to roads, road density	14	8.0
Land use/land cover	13	7.4
Distance to water bodies/river	9	5.1
<b>Spatiotemporal incidence</b>		
Case count across time periods and neighbouring regions	18	10.2

**Tabla 3:** Covariables incluidas en los estudios (Fuente: Ah-Young Lim et al.) (23)

Como se observa, los factores climáticos son las covariables más empleadas en los estudios incluidos, donde destaca la temperatura y la precipitación. Aunque, en menor proporción, también se emplean otras covariables relacionadas con los factores antroponóticos, como la densidad demográfica, la movilidad diaria humana, urbanización, entre otros. Es cierto que, únicamente el 21,5% de los estudios evaluaron la multicolinealidad entre las variables <sup>(23)</sup>.

La mayoría de los estudios se centraron en las Américas (41,5%), seguidas por el Sudeste Asiático (21%) y la región del Pacífico Occidental (17,3%) <sup>(23)</sup>.

### **5.5. RELACIÓN DE LOS ARBOVIRUS CON LOS FACTORES AMBIENTALES Y FACTORES ANTROPONÓTICOS.**

Las variaciones en el clima alteran de forma directa en las condiciones que favorecen en la presencia y transmisión de vectores y patógenos, y como consecuencia un aumento en la incidencia de las enfermedades emergentes y reemergentes, permitiendo su distribución geográfica y temporal de estas enfermedades <sup>(17)</sup>.

La temperatura podría ser un factor determinante para la transmisión de arbovirus. Las temperaturas perfectas para la transmisión del zika, dengue y chikungunya oscila entre los 18 y 34°C. En cuanto a las especies responsables, *Aedes aegypti* ocurre entre 13,5°C y 34,2°C, mientras que *Aedes albopictus* ocurre entre 11,9 y 30°C. De forma similar, la transmisión del VNO oscila entre los 14 y 34,3°C. Los rangos óptimos de cada especie varían, siendo para cada especie: *Culex tarsalis* transmite entre 20 y 30 °C, *Culex pipiens*, entre 14 y 34,3°C; y *Culex quinquefasciatus*, ocurre entre 22,7 y 30,2 °C <sup>(19)</sup>.

El periodo de incubación extrínseca (EIP) puede verse acelerado por el aumento de la temperatura, pudiendo aumentar las tasas de infección y transmisión <sup>(17)</sup>. Un estudio incluido en la revisión de Yohannes indicó que se producía una reducción del EIP de 16 a 6,5 días con un aumento en la temperatura de 25°C a 30°C. En esta misma revisión, se determinó que la temperatura óptima para la replicación viral eran los 35°C, pero supera la temperatura de supervivencia y las actividades de alimentación del mosquito <sup>(24)</sup>.

La temperatura contribuye de forma considerable en la supervivencia y esperanza de vida de los vectores. Por un lado, la probabilidad de supervivencia de un huevo de *Aedes aegypti* aumenta de 0,6 a 0,8 con el aumento de las temperaturas de 20 a 25°C, en cambio disminuye a 0 con temperaturas inferiores a 15°C y superiores a 40°C. Por otro lado, la esperanza de vida de un mosquito adulto de *Aedes aegypti* es aproximadamente de 30 días con temperaturas máximas de 25°C, pero se reduce con temperaturas extremas a 10 días. Por ejemplo, en China se observó que cuando la temperatura media en verano aumentó de 0,5 a 5°C, se producía una disminución de *Aedes albopictus* entre un 0 y un 31,5%. Sin embargo, cuando la temperatura media aumentaba entre 0,5 y 5°C en primavera e invierno, la abundancia de mosquitos aumentaba entre un 0 y 14,4% y entre un 0 y un 8,2%. De forma similar en Italia, un aumento de 2,5°C en las temperaturas de verano redujo en un 25% la abundancia de mosquitos <sup>(19)</sup>.

El aumento de 1°C en la temperatura mínima y media se relaciona con un incremento del 15% en la incidencia del dengue, mientras que, en el caso de la temperatura máximas es del 10%. Por lo que el riesgo relativo de incidencia del dengue tiene mayor relación con las temperaturas mínimas y medias <sup>(24)</sup>.

En el metaanálisis realizado por Yohannes Tefera Damtew et al. concluyeron que el riesgo de infección por dengue aumenta en un 13% por cada incremento de 1°C por encima de los valores de referencia <sup>(24)</sup>. Asimismo, el metaanálisis Gaspary O. Mwanyika et al. reportó una prevalencia del 14% de dengue en África, un 7% superior a un metaanálisis anterior realizado por Simo FBN et al. Este aumento lo relacionaron con los siguientes factores: edad avanzada, falta de control de mosquitos, vivir en una zona urbana, el cambio climático y los antecedentes de viajes recientes <sup>(27)</sup>. Otro ejemplo, se describe en EE. UU., ya que un aumento de 1°C por encima de la media de 9 años en las regiones noreste y sureste se asoció con una alta prevalencia de VNO <sup>(19)</sup>.

La temporada de transmisión se extiende debido a veranos más largos y cálidos e inviernos más cortos. Un estudio demostró que se podría extender el periodo

de transmisión en un 20% con un aumento de la temperatura de 2,5°C durante la temporada de mosquitos (mayo a septiembre) <sup>(19)</sup>.

Aunque los huevos de *Aedes* pueden sobrevivir a bajas temperaturas, la supervivencia larval disminuía significativamente y los mosquitos morían. Es cierto, que los huevos que sobrevivían comienzan a eclosionar cuando la temperatura aumenta. En el estudio de Yawen Wang et al. se demostró que el riesgo de dengue incrementa 2 a 3 semanas después de periodos de calor extremo, probablemente debido a un periodo de incubación extrínseca acelerado y al aumento poblacional de vectores, a pesar de su menor esperanza de vida <sup>(26)</sup>.

La precipitación es un factor climático que puede tener un papel importante en la dinámica de transmisión de enfermedades por arbovirus. Por un lado, las lluvias moderadas fomentan la formación de espacios para la reproducción de mosquitos. Por otro lado, las lluvias extremas pueden lavar estos sitios de reproducción y arrastrar los huevos y larvas, obteniendo un efecto contrario. Tras un periodo seco, las precipitaciones podrían acumular agua en recipientes o espacios acumuladores de agua, lo que ayuda en la formación de criaderos óptimos para los mosquitos <sup>(19)</sup>.

El agua estancada debido a fuertes lluvias es necesaria para el desarrollo larvario, las precipitaciones caídas unos meses antes de los brotes de enfermedades se han correlacionado directamente con un mayor número de criaderos de mosquitos <sup>(17)</sup>.

Por ejemplo, la difusión de chikungunya en países no endémicos se ha relacionado con una mayor abundancia del vector, favorecida por un umbral mínimo de precipitación anual de 500 mm, que garantiza la supervivencia y la prosperidad larvaria. Sin embargo, lluvias intensas y las sequías se correlaciona negativamente al no permitir criaderos estables de los mosquitos <sup>(17)</sup>.

En el estudio de Yawen Wang et al. se encontró una relación negativa con las lluvias extremas y con la humedad relativa. La inconsistencia puede atribuirse a

las variaciones en los patrones de temperatura y precipitación, que pueden afectar indirectamente la humedad, así como la supervivencia del mosquito y el desarrollo de los huevos <sup>(26)</sup>.

Los factores no climáticos como los cambios en el uso y cobertura del suelo, las prácticas agrícolas, la densidad de población y la eficacia de las medidas de control de mosquitos pueden influir en la abundancia de mosquitos y sus ciclos de vida <sup>(19)</sup>.

El comportamiento humano relacionado con el uso del agua como las piscinas sin mantenimiento o descuidadas, la presencia de recipientes con agua olvidados pueden crear hábitats para los mosquitos <sup>(19)</sup>. El aumento de las prácticas de almacenamiento de agua en los países de ingresos bajos y medios puede mejorar la idoneidad del hábitat para *Aedes aegypti* <sup>(17)</sup>.

La deforestación es uno de los cambios antropogénicos más notables. Se han talado más de 2,3 millones de kilómetros cuadrados de bosque primario desde 2000, creando nuevas interfaces espaciales que promueven un mayor contacto entre los insectos vectores, sus animales hospedadores y humanos <sup>(29)</sup>. La deforestación de la selva amazónica y otros bosques tropicales puede favorecer la aparición de infecciones por arbovirus. Esta relación se explica a través de varios mecanismos interrelacionados: en primer lugar, las alteraciones ecológicas inducidas por clima interfieren con la dinámica natural de los virus, afectando su permanencia en sus hábitats y hospedadores naturales. En segundo lugar, la destrucción de su entorno favorece la presencia, distribución y proliferación de vectores de enfermedades en áreas forestales y urbanas. Y, en tercer lugar, los cambios en los patrones de temperatura y precipitaciones crean condiciones más propicias para la supervivencia, reproducción y su capacidad para infectar al hospedador humano <sup>(28)</sup>.

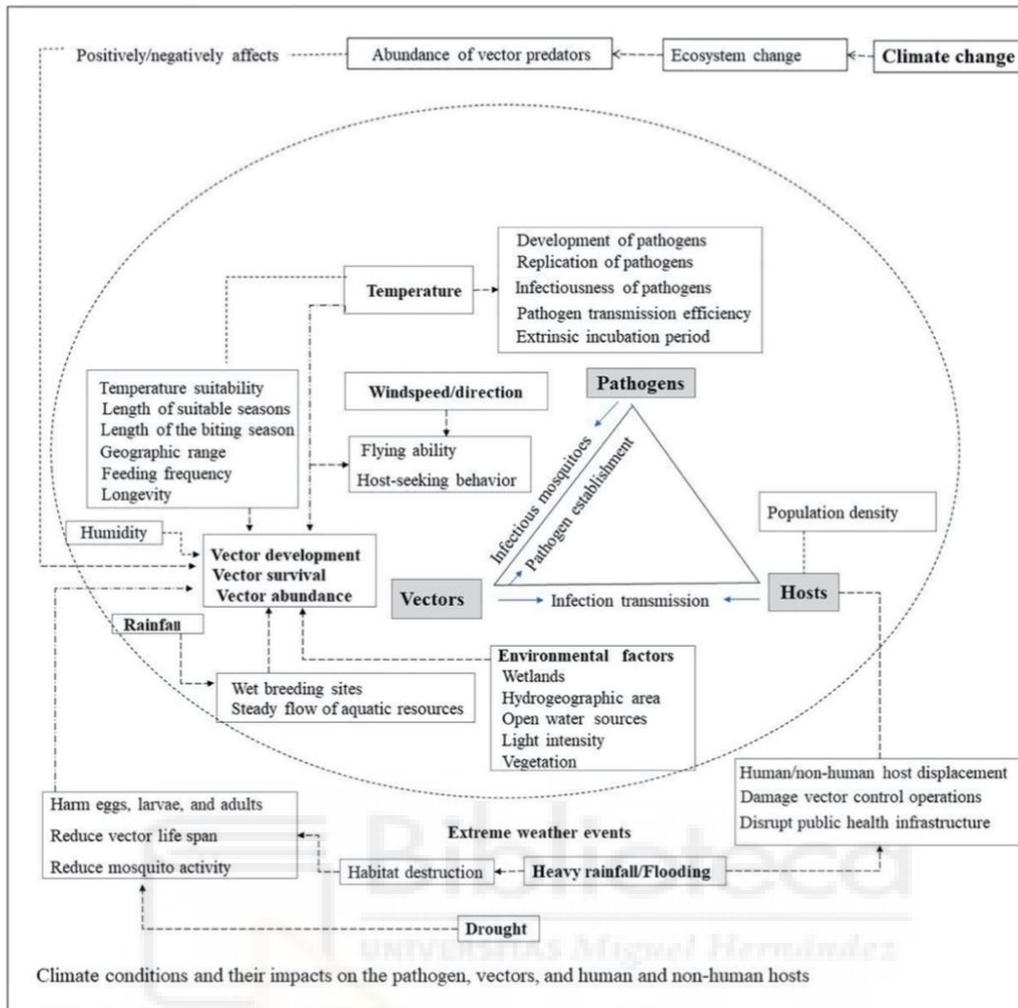
Este escenario se agrava en el contexto de una urbanización acelerada y desorganizada. Cuando los humanos se adentran en hábitats naturales, quedan expuestos a patógenos con los que antes no tenían contacto. Si estas personas

se infectan y posteriormente se desplazan a zonas urbanas, pueden introducir enfermedades en nuevos entornos, facilitando su propagación <sup>(17)</sup>.

En este contexto, los movimientos poblacionales adquieren una relevancia especial, ya que contribuyen a la aparición de casos importados en regiones no endémicas. Este fenómeno puede verse impulsado por eventos climáticos previamente comentados. La salud, puede ser un precursor, un factor motivador o un resultado de la migración. Tanto la migración internacional como la interna puede alterar la distribución y el patrón de las enfermedades infecciosas: los migrantes pueden actuar prácticamente como portadores, posiblemente introduciendo nuevas infecciones en un contexto previamente no afectado <sup>(17)</sup>. La reubicación de la población humana puede diseminar el vector o patógeno a nuevas regiones y exponer a las personas a infecciones a las que no son inmunes <sup>(19)</sup>.

La agricultura intensiva promueve los brotes al crear condiciones propicias para la propagación y evolución del virus, proporcionar una interfaz entre humanos y animales y destruir indirectamente los hábitats naturales de las especies silvestres que pueden ser portadoras de microorganismos patógenos para los humanos <sup>(17)</sup>.

En la figura 8 se presenta como el cambio climático afecta a las enfermedades transmitidas por vectores relacionados con el agua.



**Figura 8:** Efectos del cambio climático en la transmisión de enfermedades transmitidas por vectores relacionadas con el agua (Fuente: Zemichael Gizaw et al.) (19)

La figura representa cómo las condiciones climáticas y sus impactos afectan a los vectores, los hospedadores y los patógenos, influyendo en la propagación de enfermedades transmitidas por vectores relacionadas con el agua.

En la parte superior de la imagen se indica que el cambio climático produce alteraciones en el ecosistema, afectando a la abundancia de depredadores de vectores. Esto puede tener un impacto positivo o negativo en la transmisión de estas enfermedades.

Factores como la temperatura, las precipitaciones, el viento y otros factores ambientales (vegetación, humedales, etc.) afectan en el desarrollo, la supervivencia y la abundancia de los vectores. En concreto:

- La temperatura condiciona la idoneidad térmica, la duración de las estaciones adecuadas y de la temporada de picaduras, rango geográfico, entre otros aspectos.
- Las precipitaciones permiten crear espacios propicios para la cría y la aportación de recursos acuáticos.
- La velocidad y dirección del viento afectan a la capacidad de vuelo y el comportamiento de búsqueda del hospedador.

Por otro lado, los eventos de lluvia extrema o sequía reducen la actividad y la esperanza de vida del mosquito, además de dañar huevos, larvas y adultos. Asimismo, los eventos meteorológicos extremos pueden causar el desplazamiento de hospedadores, daño en las estrategias de control vectorial y afectar a infraestructuras de salud pública.

Además, la temperatura también puede actuar sobre los patógenos actuando sobre el desarrollo, replicación, infectividad, eficiencia de transmisión y periodo de incubación extrínseco.

---

Con el calentamiento global las regiones templadas son especialmente vulnerables y presentan un mayor riesgo en la incidencia de enfermedades por arbovirus, como el zika, el chikungunya y el dengue, debido a la propagación hacia el norte de mosquitos portadores de enfermedades. Estas enfermedades, antes exóticas en Europa, ya se han establecido en el continente especialmente en zonas meridionales. Un modelo sobre el impacto del cambio climático a partir de una serie de variables hasta 2100, el RCP8.5 (Representative Concentration Pathway), estima que la temperatura europea aumente entre 1,7 y 6,7°C a finales de siglo, lo que incrementará el riesgo de invasión vectorial aumenta del 0,6 al 5,3% <sup>(19)</sup>.

En Europa, hay 5 países que han notificado casos autóctonos: Francia, Italia, Portugal (Madeira), Croacia y España. Francia fue el único que notificó casos autóctonos de los 3 arbovirus zika (3), dengue (157) y chikungunya (32). Destaca el brote de casos autóctonos de dengue en Madeira (2218). También se notificaron casos autóctonos de dengue en Italia (93), Croacia (17) y España (16). Además, Italia notificó 36 casos de chikungunya <sup>(16)</sup>

Sin embargo, los casos importados superaron ampliamente a los autóctonos, ya que 23 países noticiaron casos de dengue importado. En el caso del dengue, la mayoría de los casos se notificaron en Francia (8082), Alemania (7428) y España (2258). Los Países Bajos notificaron el mayor número de casos de zika importado 1150 casos seguidos de España con 1091 casos. Francia notificó el mayor caso de chikungunya 1744 seguido de España 1033 y Alemania 758. En general, los países de adquisición fueron regiones endémicas: el sudeste asiático para dengue, República Dominicana para chikungunya y América Central y del Sur para chikungunya y zika <sup>(16)</sup>.

## 5.6. NUEVOS VIRUS EMERGENTES

Cabe destacar que hay virus no incluidos en esta revisión que también podría tener relación con lo comentado anteriormente. Virus como el Usutu u Oropouche podrían constituir un nuevo objetivo de vigilancia epidemiológica debido al aumento de casos en los últimos años, aunque de forma no tan alarmante como de otros arbovirus más conocidos.

El virus Usutu presenta un cuadro similar a zika, dengue y chikungunya. Su principal vector es *Culex pipiens*, y se han notificado brotes en Europa. En el caso del virus Oropouche, se han documentado numerosos brotes en países sudamericanos, así como la notificación de casos importados en Europa y América del Norte. Este virus se transmite principalmente por *Culicoides paraeins* (conocido como jején), lo que genera preocupación ya que se encuentra ampliamente distribuido <sup>(22)</sup>.

Ambos virus están siendo cada vez más reconocidos como potenciales candidatos para futuras epidemias. Los patrones observados en dengue, chikungunya y zika sugieren que otros arbovirus puedan tener una trayectoria similar <sup>(22)</sup>.

## 5.7. ESTRATEGIAS DE CONTROL DE VECTORES.

Las estrategias actuales para el control del vector del VNO se basan en la reducción de mosquitos atacando tanto en etapas adultas como larvarias. Para ello se usan insecticidas químicos, no tóxicos para vertebrados, como piretrina (compuestos naturales con propiedades insecticidas) y piretroides (sustancias químicas manufacturadas de estructura muy parecida a las piretrinas) para el control de adultos. Hay otros insecticidas de uso común, como neonicotinoides, organofosforados y carbamatos, que afectan al sistema nervioso central de los insectos debido a una mayor toxicidad. En el caso de las formulaciones para el control larvario contienen larvicidas biológicos (*Bacillus thuringiensis israelensis* o *Bacillus sphaericus*) o bien ingredientes químicos como s-metopreno, diflubenzurón, piriproxifeno, triflumurón y Spinosad. Aunque este mecanismo de control de vectores es eficaz para el control en áreas endémicas, se ha

determinado la necesidad de desarrollar nuevas intervenciones debido al desarrollo de resistencia química de estos mosquitos y las preocupaciones de seguridad ambiental <sup>(21)</sup>. Es por ello que la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha determinado el uso nuevas tecnologías para el control de los vectores mediante la estrategia de insecticidas diseminados por mosquitos, la pulverización residual intradomiciliaria el método de estratificación, método de despliegue de mosquitos infectados con *Wolbachia* y las técnicas de insectos estériles <sup>(20)</sup>.

La estrategia de insecticidas diseminados por mosquitos es una tecnología de bajo coste destinada a controlar los criaderos de *Aedes aegypti*. Este método consiste en la colocación de recipientes de plástico oscuro, llenos de agua, que se cubren con una tela impregnada con un larvicida. El objetivo de esta técnica es que los propios mosquitos transporten los insecticidas a otros criaderos, diseminándolo de forma natural. Un ensayo controlado aleatorizado, basado en datos de campo y un análisis estadístico, demostró una reducción del 66% de la densidad de mosquitos adultos <sup>(20)</sup>.

Otra estrategia de lucha antivectorial, empleada para el control de otras enfermedades como la malaria, enfermedad de Chagas y leishmaniasis, es la pulverización intradomiciliaria de insecticidas de acción residual, generalmente piretroides, sobre las paredes interiores de los edificios <sup>(20)</sup>.

El método de estratificación se basa, como su propio nombre indica, en la estratificación de áreas con base de datos epidemiológicos y ambientales con el objetivo de organizar la vigilancia y el control de la enfermedad, además permite optimizar los recursos. Un ejemplo de análisis de estratificación basado en indicadores socioambientales que se emplea en Brasil es ArboAlvo <sup>(20)</sup>.

El siguiente método de control de vectores, se trata de una estrategia innovadora mediante la liberación de mosquitos infectados con *Wolbachia*, una bacteria que se identificó en las gónadas de los mosquitos *Culex pipiens* y pertenece al orden *Rickettsiales*. La relación de esta bacteria con su hospedador artrópodo varía de mutualista a parasitaria, esta relación dependerá de la combinación de

hospedador y la cepa de Wolbachia. Más del 40% de los artrópodos terrestres están infectados naturalmente con Wolbachia <sup>(21)</sup>, pero la proporción de mosquitos portadores de Wolbachia tiende a aumentar hasta que toda la población de mosquitos queda infectada <sup>(20)</sup>.

La Wolbachia puede alterar los procesos reproductivos del huésped para promover su propia transmisión vertical<sup>(21)</sup>. Reduce la esperanza de vida de los mosquitos en un 50% <sup>(20)</sup>. El fenotipo incompatibilidad citoplasmática (CI) puede ser unidireccional o bidireccional. La CI unidireccional ocurre cuando los machos infectados con Wolbachia se aparean con hembras no infectadas, lo que resulta en una viabilidad embrionaria reducida debido a la incompatibilidad entre el espermatozoide modificado y el óvulo no infectado. Sin embargo, se producen embriones viables si las hembras infectadas se aparean con machos no infectados. Por lo contrario, en la CI bidireccional, el apareamiento entre individuos infectados con diferentes cepas incompatibles de Wolbachia conduce a un desarrollo embrionario fallido <sup>(21)</sup>.

Los resultados de un único ensayo realizado en Yogyakarta, Indonesia, demostraron la eficacia de los mosquitos *Aedes aegypti* infectados con Wolbachia para controlar la transmisión del dengue. El estudio demostró una reducción del 77% en los casos de dengue confirmados virológicamente y una reducción del 86% en las hospitalizaciones por dengue. Esta estrategia fue igualmente eficaz contra los 4 serotipos del dengue <sup>(20)</sup>.

El uso de insectos estériles es otra estrategia. Se basa en la liberación de machos estériles con el objetivo de promover la cópula de estos con hembras y hacer que las crías sean inviables <sup>(20)</sup>.

Otra estrategia que se está contemplando para la detección y control de vectores se basa en el uso de drones. Los drones se podrían emplear para la vigilancia vectorial mediante la recopilación, análisis e interpretación de datos y así poder planificar, implementar y evaluar estrategias directas en su control. Es por lo que requiere controlar lugares potenciales para la capacidad vectorial y como resultado la gestión de fuentes larvarias. Pero, el uso de drones puede

emplearse para dispersar la intervención, por ejemplo, la dispersión de larvicidas. Esta estrategia puede resultar especialmente interesante en aquellas zonas de difícil acceso. Además, el Programa Mundial de Mosquitos ha usado esta técnica para el control del dengue en la isla Fiyi mediante la liberación de mosquitos portadores de Wolbachia, permitiendo almacenar 160.000 dedos (3,556 Km) de mosquitos y liberar 200 cada 50 metros mejorando la cobertura. Es cierto, que se puede cuestionar la ética de esta estrategia, ya que pueden conseguir información privada <sup>(25)</sup>.

A pesar de los avances tecnológicos y novedosos de las estrategias de control de vectores, no podemos olvidar que la educación sanitaria de la población juega un papel clave en la prevención de estas enfermedades. Estas acciones pueden reducir la transmisión de arbovirus mediante la proporción de un conocimiento básico del ciclo de vida de estos mosquitos o fomentando prácticas para la eliminación responsable de recipientes (latas, botellas, neumáticos...) que pueden recoger pequeñas cantidades de agua y convertirse en criaderos.

#### **5.8. LIMITACIONES DEL TRABAJO**

Este trabajo se ha realizado siguiendo la modalidad de revisión bibliográfica. En estos estudios, la búsqueda y selección de la información es personal, pudiendo haberse visto afectada por la subjetividad de la elección, y los criterios de elegibilidad establecidos. Esto puede conllevar una posible reducción u omisión de aspectos que podrían tener la misma importancia.

#### **6. CONCLUSIONES**

Tras la realización de la revisión bibliográfica se ha podido establecer, de acuerdo con los objetivos establecidos, las siguientes conclusiones:

1. Entre los factores climáticos, la temperatura ha demostrado tener una influencia clara y positiva en la transmisión de enfermedades como el dengue, zika, chikungunya y virus del Nilo Occidental. Este efecto se debe, entre otros aspectos, a la aceleración del ciclo de vida de los vectores y a la reducción del periodo de incubación extrínseca de los patógenos.

2. En cuanto a la precipitación, su impacto es más variable y depende del contexto ecológico. Aunque puede favorecer la proliferación de criaderos de mosquitos, precipitaciones extremas o sequías pueden limitar, en ciertos casos, la densidad vectorial. Por tanto, su efecto no es tan determinante como el de la temperatura.

3. Los factores no climáticos, como la urbanización, los cambios en el uso del suelo, la globalización, el crecimiento demográfico y los movimientos poblacionales, también desempeñan un papel crucial en la dinámica de transmisión de vectores. La interacción estos factores y las condiciones climáticas propicias facilita la expansión geográfica de los vectores hacia nuevas áreas donde previamente no estaban establecidos.

4. Los modelos predictivos se consolidan como herramienta clave para anticipar brotes y orientar las estrategias de vigilancia y control. Estos modelos integran diferentes datos para estimar el riesgo de transmisión y evaluar posibles escenarios futuros.

5. La implementación de medidas eficaces de control vectorial es imprescindible para prevenir futuras epidemias. Entre las estrategias emergentes destacan la liberación de mosquitos estériles o infectados con *Wolbachia*, que han mostrado resultados prometedores en la interrupción de la transmisión.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. PAHO/WHO | Pan American Health Organization [Internet]. Cambio climático y salud; [consultado el 10 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/cambio-climatico-salud>
2. World Health Organization (WHO). Climate change and health [Internet]. Geneva: WHO; 2021 [consultado el 13 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
3. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change [Internet]. Español – IPCC; [consultado el 11 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/>
4. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Framing and Context. In: Global Warming of 15°C: IPCC Special Report on Impacts of Global Warming of 15°C above Pre-industrial Levels in Context of Strengthening Response to Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. Cambridge: Cambridge University Press; 2022. p. 49–92. DOI: [10.1017/9781009157940.003](https://doi.org/10.1017/9781009157940.003)
5. Organización Meteorológica Mundial [Internet]. La Organización Meteorológica Mundial confirma que en 2023 la temperatura mundial batió todos los récords; [consultado el 2 de abril de 2025]. Disponible en: <https://wmo.int/es/news/media-centre/la-organizacion-meteorologica-mundial-confirma-que-en-2023-la-temperatura-mundial-batio-todos-los>
6. Romanello M, Walawender M, Hsu SC, Moskeland A, Palmeiro-Silva Y, Scamman D, Ali Z, Ameli N, Angelova D, Ayeb-Karlsson S, et al. The 2024 report of the Lancet Countdown on health and climate change: facing record-breaking threats from delayed action. *Lancet*. 2024 Nov 9;404(10465):1847-1896. doi: 10.1016/S0140-6736(24)01822-1
7. Zaar MH. Cambio climático antropogénico y decrecimiento. *Ar@cne* [Internet]. 2021 [citado 8 de mayo de 2025];(250):1–26. Disponible en: <https://revistes.ub.edu/index.php/aracne/article/view/33232/32856>
8. World Health Organization: WHO. Enfermedades transmitidas por vectores [Internet]. 2024. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>

9. Verwoerd DW. Definition of a vector and a vector-borne disease. *Revue Scientifique Et Technique de L OIE* [Internet]. 1 de abril de 2015;34(1):29-39. Disponible en: <https://doi.org/10.20506/rst.34.1.2343>
10. Sánchez-Seco MP, Navarro JM. Infecciones por el virus de Toscana, el virus del Nilo occidental y otros arbovirus de interés en Europa. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica* [Internet]. 1 de septiembre de 2005;23(9):560-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1157/13080267>
11. España. Ministerio de Sanidad. Plan Nacional de Preparación y Respuesta frente a Enfermedades Transmitidas por Vectores [Internet]. Madrid: Ministerio de Sanidad; 2023 [citado 2025 may 8]. Disponible en: [https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/activPreparacionRespuesta/doc/PLAN\\_DE\\_VECTORES.pdf](https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/activPreparacionRespuesta/doc/PLAN_DE_VECTORES.pdf)
12. Martínez Fernández Lidelvio, Torrado Navarro Yeimy Paola. Fiebre Chikungunya. *Rev cubana med* [Internet]. 2015 Mar [citado 2025 Mayo 1]; 54(1): 74-96. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75232015000100008&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75232015000100008&lng=es).
13. España. Ministerio de Sanidad. Riesgo de detección de nuevos casos autóctonos de enfermedades transmitidas por *Aedes* en España [Internet]. Madrid: Ministerio de Sanidad; 2024 [citado el 5 de marzo de 2025]. Disponible en: [https://www.sanidad.gob.es/areas/alertasEmergenciasSanitarias/alertasActuals/dengue/docs/20240619\\_ERR\\_EnfermTransmitidasAedes.pdf](https://www.sanidad.gob.es/areas/alertasEmergenciasSanitarias/alertasActuals/dengue/docs/20240619_ERR_EnfermTransmitidasAedes.pdf)
14. Organización Panamericana de la Salud. Dengue: Síntomas, prevención y tratamientos [Internet]. [citado 2025 mayo 15]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/dengue>
15. España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Fiebre del Nilo Occidental [Internet]. Madrid. [Citado 2025 may 8]. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/sanidad-animal/enfermedades/fiebre-nilo-occidental/F\\_O\\_Nilo.aspx](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/sanidad-animal/enfermedades/fiebre-nilo-occidental/F_O_Nilo.aspx)
16. Hedrich N, Bekker-Nielsen Dunbar M, Grobusch MP, Schlagenhauf P. Aedes-borne arboviral human infections in Europe from 2000 to 2023: A systematic review and meta-analysis. *Travel Med Infect Dis*. 2025 Mar-Apr;64:102799. doi: 10.1016/j.tmaid.2025.102799

17. Segala FV, Guido G, Stroffolini G, Masini L, Cattaneo P, Moro L, Motta L, Gobbi F, Nicastrì E, Vita S, Iatta R, Otranto D, Locantore P, Occa E, Putoto G, Saracino A, Di Gennaro F. Insights into the ecological and climate crisis: Emerging infections threatening human health. *Acta Trop*. 2025 Feb;262:107531. doi: 10.1016/j.actatropica.2025.107531
18. Lowe R, Codeço CT. Harmonizing Multisource Data to Inform Vector-Borne Disease Risk Management Strategies. *Annu Rev Entomol*. 2025 Jan;70(1):337-358. doi: 10.1146/annurev-ento-040124-015101.
19. Gizaw Z, Salubi E, Pietroniro A, Schuster-Wallace CJ. Impacts of climate change on water-related mosquito-borne diseases in temperate regions: A systematic review of literature and meta-analysis. *Acta Trop*. 2024 Oct;258:107324. doi: 10.1016/j.actatropica.2024.107324
20. Gurgel-Gonçalves R, Oliveira WK, Croda J. The greatest Dengue epidemic in Brazil: Surveillance, Prevention, and Control. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2024 Sep 20;57:e002032024. doi: 10.1590/0037-8682-0113-2024.
21. Madhav M, Blasdel KR, Trewin B, Paradkar PN, López-Denman AJ. *Culex*-Transmitted Diseases: Mechanisms, Impact, and Future Control Strategies using *Wolbachia*. *Viruses*. 2024 Jul 15;16(7):1134. doi: 10.3390/v16071134
22. Sánchez-Lerma L, Rojas-Guloso A, Miranda J, Tique V, Patiño LH, Rodríguez D, Contreras V, Paniz-Mondolfi A, Pavas N, Ramírez JD, Mattar S. Unexpected arboviruses found in an epidemiological surveillance of acute tropical febrile syndrome in the department of Meta, Eastern Colombia. *J Infect Public Health*. 2024 Sep;17(9):102510. doi: 10.1016/j.jiph.2024.102510.
23. Lim, AY., Jafari, Y., Caldwell, J.M. *et al*. A systematic review of the data, methods and environmental covariates used to map *Aedes*-borne arbovirus transmission risk. *BMC Infect Dis* 23, 708 (2023). <https://doi.org/10.1186/s12879-023-08717-8>
24. Damtew YT, Tong M, Varghese BM, Anikeeva O, Hansen A, Dear K, Zhang Y, Morgan G, Driscoll T, Capon T, Bi P. Effects of high temperatures and heatwaves on dengue fever: a systematic review and meta-analysis. *EBioMedicine*. 2023 May;91:104582. doi: 10.1016/j.ebiom.2023.104582

25. Carrasco-Escobar G, Moreno M, Fornace K, Herrera-Varela M, Manrique E, Conn JE. The use of drones for mosquito surveillance and control. *Parasit Vectors*. 2022 Dec 16;15(1):473. doi: 10.1186/s13071-022-05580-5.
26. Wang Y, Wei Y, Li K, Jiang X, Li C, Yue Q, Zee BC, Chong KC. Impact of extreme weather on dengue fever infection in four Asian countries: A modelling analysis. *Environ Int*. 2022 Nov;169:107518. doi: 10.1016/j.envint.2022.107518.
27. Mwanyika GO, Mboera LEG, Rugarabamu S, Ngingo B, Sindato C, Lutwama JJ, Paweska JT, Misinzo G. Dengue Virus Infection and Associated Risk Factors in Africa: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Viruses*. 2021 Mar 24;13(4):536. doi: 10.3390/v13040536.
28. Ellwanger JH, Kulmann-Leal B, Kaminski VL, Valverde-Villegas JM, Veiga ABGD, Spilki FR, Fearnside PM, Caesar L, Giatti LL, Wallau GL, Almeida SEM, Borba MR, Hora VPD, Chies JAB. Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health. *An Acad Bras Cienc*. 2020 Apr 17;92(1):e20191375. doi: 10.1590/0001-3765202020191375
29. Bardosh KL, Ryan SJ, Ebi K, Welburn S, Singer B. Addressing vulnerability, building resilience: community-based adaptation to vector-borne diseases in the context of global change. *Infect Dis Poverty*. 2017 Dec 11;6(1):166. doi: 10.1186/s40249-017-0375-2