

**UNIVERSITAT  
JAUME • I**

# **INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES**

---

Memoria presentada para optar al título de Graduado/a en Enfermería de la Universitat Jaume  
I presentada por **Sergio Nieto Cardosa** en el curso académico **2019/2020**

Este trabajo ha sido realizado bajo la tutela de **José Vicente Anierte Sánchez**

Fecha de depósito: 10 de mayo, 2020.



### **Solicitud del alumno/a para el depósito y defensa del TFG**

Yo, **Sergio Nieto Cardosa**, con NIF **53785232P**, alumno de cuarto curso del Grado de Enfermería de la Universitat Jaume I, expongo que durante el curso académico **2019/2020**.

- He superado al menos 168 créditos ECTS de la titulación
- Cuanto con la evaluación favorable del proceso de elaboración de mi TFG

Por estos motivos, solicito poder depositar y defender mi TFG titulado “**Influencia del cambio climático en las enfermedades transmitidas por vectores**”, tutelado por el profesor **José Vicente Aniorte Sánchez**, defendido en lengua castellana, en el periodo de 19 de mayo, 2020.



**Firmado:** Sergio Nieto Cardosa  
Castellón de la Plana, 10 de mayo, 2020.

## ***Agradecimientos***

Agradecer el apoyo incondicional y constante por parte de mi familia durante este largo proceso y dar las gracias a mis amigos, por amenizar el mínimo tiempo libre disponible. Agradecer a mis compañeras de carrera por esas charlas interminables sobre todos y cada uno de nuestros trabajos y mencionar en especial a mi tutor, por su dedicación hacia esta profesión y sus alumnos.

## **Índice**

<b>1. Introducción .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1. Cambio climático.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2. Cambio climático y enfermedades infecciosas.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3. Enfermedades transmitidas por vectores y su epidemiología .....</b>	<b>13</b>
1.3.1. Malaria .....	14
1.3.2. Dengue .....	14
<b>1.4. Cambio climático y enfermedades transmitidas por vectores .....</b>	<b>14</b>
<b>1.5. Justificación .....</b>	<b>15</b>
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1. Objetivo general .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>16</b>
<b>3. Material y métodos .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. Diseño .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2. Pregunta clínica .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3. Palabras clave y descriptores en ciencias de la salud.....</b>	<b>17</b>
<b>3.4. Estrategia de búsqueda.....</b>	<b>18</b>
<b>3.5. Criterios de selección .....</b>	<b>20</b>
3.5.1. Criterios de inclusión .....	20
3.5.2. Criterios de exclusión.....	20
<b>3.6. Evaluación de calidad metodológica.....</b>	<b>20</b>
<b>4. Resultados.....</b>	<b>21</b>
<b>4.1. Resultados de la búsqueda y proceso de selección .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2. Características de los artículos incluidos .....</b>	<b>24</b>
4.2.1. Base de datos de origen .....	24

4.2.2. Tipo de estudio .....	24
4.2.3. Área geográfica .....	25
4.2.4. Enfermedad transmitida según vector .....	25
<b>5. Discusión .....</b>	<b>41</b>
<b>5.1. Enfermedad de Lyme.....</b>	<b>41</b>
5.1.1. Cambios geográficos .....	41
5.1.2. Cambios epidemiológicos .....	42
5.1.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos .....	42
<b>5.2. Encefalitis transmitida por garrapatas .....</b>	<b>43</b>
5.2.1. Cambios geográficos .....	43
5.2.2. Cambios epidemiológicos .....	43
5.2.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos .....	43
<b>5.3. Esquistosomiasis .....</b>	<b>44</b>
5.3.1. Cambios geográficos .....	44
5.3.2. Cambios epidemiológicos .....	44
5.3.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos .....	44
<b>5.4. Tripanosomiasis africana .....</b>	<b>45</b>
5.4.1. Cambios geográficos .....	45
5.4.2. Cambios epidemiológicos .....	45
5.4.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos .....	45
<b>5.5. Dengue .....</b>	<b>46</b>
5.5.1. Cambios geográficos .....	46
5.5.2. Cambios epidemiológicos .....	47
5.5.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos .....	47
<b>5.6. Leishmaniasis.....</b>	<b>48</b>
5.6.1. Cambios geográficos .....	48
5.6.2. Cambios epidemiológicos .....	49
5.6.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos .....	49
<b>5.7. Malaria .....</b>	<b>49</b>

5.7.1. Cambios geográficos .....	49
5.7.2. Cambios epidemiológicos .....	50
5.7.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos .....	51
<b>5.8. Zika .....</b>	<b>52</b>
5.8.1. Cambios geográficos .....	52
5.8.2. Cambios epidemiológicos .....	52
5.8.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos .....	52
<b>5.9. Enfermedad de Chagas .....</b>	<b>53</b>
5.9.1. Cambios geográficos .....	53
5.9.2. Cambios epidemiológicos .....	53
5.9.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos .....	53
<b>6. Limitaciones.....</b>	<b>54</b>
<b>7. Conclusión .....</b>	<b>54</b>
<b>8. Futuras líneas de investigación .....</b>	<b>55</b>
<b>9. Bibliografía.....</b>	<b>56</b>
<b>10. Anexos.....</b>	<b>65</b>

## **Índice de tablas**

<i>Tabla 1. Pregunta clínica en formato PIO.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2. Terminología MeSH y DeCS utilizada.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 3. Bases de datos, estrategias de búsqueda y artículos encontrados. ....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 4. Artículos descartados según filtro y base de datos.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 5. Artículos incluidos en la revisión. ....</i>	<i>28</i>

## **Índice de figuras**

<i>Figura 1. Resultados estrategia de búsqueda sin filtros según base de datos.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2. Resultados estrategia de búsqueda con filtros según base de datos.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de selección.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 4. Artículos incluidos en la revisión según base de datos.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 5. Artículos incluidos en la revisión según tipo de estudio.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 6. Artículos incluidos en la revisión según área geográfica estudiada.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 7. Clasificación enfermedad transmitida según vector.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 8. Artículos incluidos en la revisión según enfermedad vectorial o vector transmisor.....</i>	<i>27</i>

## **Índice de anexos**

<i>Anexo 1. Carga mundial de las principales enfermedades transmitidas por vectores, a marzo de 2017. Fuente: OMS.....</i>	<i>65</i>
<i>Anexo 2. Evolución epidemiológica del Paludismo. Fuente: elaboración propia.....</i>	<i>66</i>
<i>Anexo 3. Distribución geográfica virus del dengue en 1970 y 2004. Fuente: Ministerio Español de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad.....</i>	<i>67</i>
<i>Anexo 4. Número de casos de Dengue notificados a la OMS entre los años 1950 y 2007. Fuente: Ministerio Español de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad.....</i>	<i>67</i>
<i>Anexo 5. Ficha herramienta de calidad metodológica “Lectura Crítica 3.0” para revisiones. Fuente Plataforma Web 3.0 para Fichas de Lectura Crítica.....</i>	<i>68</i>
<i>Anexo 6. Ficha de evaluación de calidad de estudios ecológicos. Fuente: What is the optimal rate of caesarean section at population level? A systematic review of ecologic studies.....</i>	<i>68</i>
<i>Anexo 7. Artículos excluidos por lectura completa y evaluación de calidad metodológica. Fuente: elaboración propia.....</i>	<i>69</i>

## ***Glosario de abreviaturas:***

- BVS → Biblioteca Virtual en Salud.  
CC → Cambio Climático.  
DeCS → Descriptores en Ciencias de la Salud.  
EC → Enfermedad de Chagas  
EL → Enfermedad de Lyme  
ETG → Encefalitis transmitida por garrapatas.  
ETVs → Enfermedades transmitidas por vectores.  
LC → Lectura Crítica.  
MeSH → Medical Subject Headings.  
OMS → Organización Mundial de la Salud.  
ONU → Organización de las Naciones Unidas.

## Resumen

**Introducción:** las emisiones de CO<sub>2</sub> y gases de efecto invernadero alcanzan niveles jamás registrados, el CC está más presente que nunca. Las ETVs están sufriendo cambios en su transmisión y distribución. ¿Cuál será la relación entre estos dos fenómenos?

**Objetivos:** conocer los efectos del CC sobre las ETVs.

**Material y método:** en la siguiente revisión integradora, se ha llevado a cabo una búsqueda en las bases de datos PubMed, Trip Database, ProQuest Health & Medical Collection, BVS y Cochrane Library, guiada por una pregunta clínica (*¿Cómo influye el cambio climático sobre las enfermedades transmitidas por vectores?*), mediante el uso de los descriptores: “climate change”, “vector borne diseases” y “communicable diseases”.

**Resultados:** se han incluido en la revisión 52 artículos. Estos se han clasificado según base de datos de origen, tipo de artículo, área geográfica estudiada y ETV tratada según vector. Se exponen las características principales de cada artículo.

**Discusión:** se han expuesto cambios en la distribución geográfica y epidemiología de EL, ETG, esquistosomiasis, tripanosomiasis africana, dengue, leishmaniasis, malaria, zika y EC, así como los indicadores derivados del cambio climático influyentes en estos cambios.

**Conclusión:** la temperatura, las precipitaciones y la humedad son los principales factores derivados del CC que provocan ya actualmente, un cambio en las áreas de idoneidad de las ETVs hacia zonas de mayor altitud y latitud. La incidencia, prevalencia y mortalidad aumentará en las nuevas áreas, por lo que una adecuada respuesta de salud pública será necesaria.

**Palabras clave:** ETVs, CC, epidemiología y distribución geográfica.

## **Abstract**

**Introduction:** CO<sub>2</sub> and greenhouse gas emissions are at record levels, CC is more present than ever. VBDs are undergoing changes in their transmission and distribution. What will be the relationship between these two phenomena?

**Objectives:** to know the effects of CC on VBDs.

**Material and method:** in the next integrative review, a search was carried out on the databases PubMed, Trip Database, Proquest Health and Medical Collection, BVS and Cochrane Library, guided by a clinical question (*¿How does CC influence on VBDs?*), through the use of the DeCS and MeSH: “climate change”, “vector borne diseases” and “communicable diseases”.

**Results:** 52 articles have been included in the revision. These have been classified according to source database, type of article, geographical area studied and VBD treated according to vector. The main characteristics of each article are presented.

**Discussion:** changes in the geographical distribution and epidemiology of LD, TBE, schistosomiasis, African trypanosomiasis, dengue, leishmaniasis, malaria, zika and CD have been described, as well as the indicators derived from climate change that influence these changes.

**Conclusion:** temperature, rainfall and humidity are the main factors derived from CC that already cause a change in the areas of suitability of VBDs towards higher altitude and latitude areas. Incidence, prevalence and mortality will increase in the new areas, so an adequate public health response will be necessary.

**Key words:** VBDs, CC, epidemiology and geographical distribution.

## **1. Introducción**

### **1.1. Cambio climático**

La emisión de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero está alcanzando en la actualidad unos niveles jamás registrados <sup>1</sup>. La acción del ser humano se establece como la principal responsable de este suceso, siendo el desproporcionado e incesable consumo de combustibles fósiles el elemento fundamental de su actividad. Esta gran emisión de gases llega a alterar el clima mundial al producir la retención de altas temperaturas en las capas inferiores de la atmósfera <sup>2</sup>. La temperatura media global ha ascendido en los últimos 130 años aproximadamente 0,85 °C <sup>2</sup>, siendo los últimos cuatro años los más calurosos de la historia según la ONU <sup>1</sup>. Además del aumento progresivo de temperatura, el nivel del mar está ascendiendo, los glaciares y arrecifes de coral están desapareciendo y cada vez son más frecuentes e intensos los fenómenos meteorológicos extremos como huracanes, sequías o nevadas catastróficas <sup>2</sup>.

Estas alteraciones en el clima mundial se añan en el concepto de CC, el cual va a generar una serie de repercusiones e impactos sobre la salud de los seres vivos, influyendo en sus determinantes sociales y medioambientales <sup>2,3</sup>. La mayoría de alteraciones producidas por el CC tendrán efectos negativos para la salud, como el incremento de la incidencia de malnutrición infantil en ciertas localizaciones geográficas, la mayor frecuencia de episodios de olas de calor o el aumento de las enfermedades transmitidas por agua, alimentos o ciertos vectores. Caben destacar aún así, ciertos efectos beneficiosos derivados del CC, como la reducción de la mortalidad en invierno en las regiones templadas, un aumento de la producción de alimentos en determinadas zonas o la disminución de la supervivencia de algunos vectores transmisores de enfermedades por el aumento de temperatura <sup>3</sup>. Tanto el resumen ejecutivo sobre impactos del CC en la salud llevado a cabo por el ministerio español de sanidad, servicios sociales e igualdad en el 2013, como la OMS y la ONU en sus últimas actualizaciones, parecen coincidir en que los efectos en salud prioritarios y por lo tanto los que requieren una especial atención, son los asociados a las temperaturas y eventos extremos, la contaminación del agua y del aire y las enfermedades de transmisión vectorial <sup>1-3</sup>.

## **1.2. Cambio climático y enfermedades infecciosas**

Antes de adentrarnos en el epicentro de esta revisión, las ETVs y su relación con el CC, es necesario conocer de forma breve el impacto que este fenómeno tiene sobre las enfermedades infecciosas. Y es que los entornos en los que sobreviven y proliferan los patógenos causantes de estas patologías, pueden verse modificados por los cambios en el medio ambiente, y variar por lo tanto la gravedad y frecuencia de las enfermedades que desencadenan. Además, la transmisión de estos patógenos puede verse agravada por otros factores derivados de la acción humana, como es la urbanización no planificada. Este fenómeno conduciría hacia un aumento de la densidad de población en los núcleos urbanos, favoreciendo así, la propagación de este tipo de patologías <sup>4</sup>.

## **1.3. Enfermedades transmitidas por vectores y su epidemiología**

Uno de los principales métodos de transmisión de infecciones es el vectorial. Los vectores se definen como organismos vivos capaces de transmitir patologías infecciosas mediante el transporte de los microorganismos causantes de la enfermedad desde un ser vivo afectado a otros <sup>5</sup>. El principal y más común vector es el mosquito, el cual, junto a garrapatas, moscas o pulgas entre otros, es responsable en la actualidad de la transmisión de más del 17% de enfermedades infecciosas y de más de 700.000 defunciones al año <sup>5,6</sup>. Una gran parte de la población mundial, concretamente un 80%, ocupa zonas de riesgo de contraer al menos una enfermedad de transmisión vectorial, siendo las localizaciones rurales y más pobres las de mayor incidencia <sup>6</sup>. Entre las ETVs destacan el paludismo, el dengue, la esquistosomiasis la fiebre chikungunya o la leishmaniosis a nivel mundial, mientras que la tripanosomiasis humana africana o la EL sobresalen en poblaciones más específicas. De entre las ETVs conocidas (anexo 1) <sup>6</sup>, caben destacar las consideradas de mayor importancia por su alta prevalencia, incidencia y mortalidad a nivel mundial, la malaria y el dengue.

### 1.3.1. Malaria

Los agentes causantes del Paludismo, son parásitos del género *Plasmodium*, los cuales son transmitidos al ser humano por mosquitos del género *Anopheles*, presentes en todo el mundo <sup>7</sup>. La prevalencia, la incidencia, mortalidad y la distribución geográfica del Paludismo ha sufrido una serie de cambios en los últimos años (anexo 2) <sup>8-10</sup>.

### 1.3.2. Dengue

El agente patógeno causante del Dengue, es un virus, transmitido por mosquitos del género *Aedes*, concretamente la especie *Aedes aegypti* y en menor grado la especie *Aedes albopictus*. Esta patología está muy presente en los trópicos y suele experimentar grandes variaciones en la aparición de brotes, dependientes de las precipitaciones, temperatura y la urbanización no planificada <sup>11</sup>. Se ha producido un cambio muy significativo en la distribución geográfica de la enfermedad, existiendo serotipos diferentes en prácticamente todo el mundo (anexo 3), así como en la prevalencia de la misma (anexo 4) <sup>12</sup>.

## 1.4. Cambio climático y enfermedades transmitidas por vectores

En la mayoría de ocasiones, el vector causante de la transmisión es un artrópodo, los cuales se caracterizan por ser ectotérmicos, es decir, regulan su temperatura interna en función de las condiciones ambientales <sup>13</sup>. Desde hace aproximadamente 6 años, diversas localizaciones mundiales sufren ocasionalmente brotes de paludismo, dengue, fiebre chikungunya y fiebre amarilla, que colapsan los sistemas de salud de diferentes países y ocasionan cuantiosas muertes. Este fenómeno se ha visto influenciado por numerosos factores sociales, demográficos y medioambientales que han modificado las temporadas de transmisión de estas patologías. Los de tipo social y demográfico más destacados son la anteriormente comentada urbanización no planificada, la falta de herramientas en la gestión de residuos, una inadecuada red de suministro de agua o la globalización <sup>5</sup>, mientras que entre los factores medioambientales influyentes destaca el CC en su totalidad.

Son diversas las fuentes que afirman la existencia de variabilidad en la frecuencia y distribución mundial de las ETVs como consecuencia de los cambios en el clima. Tanto el número de vectores, reservorios naturales y hospedadores intermedios como la estacionalidad y comportamiento de los mismos, se ven afectados por los cambios en la humedad, temperatura y precipitaciones <sup>3</sup>.

Entre estos últimos factores citados, destaca la temperatura como principal elemento influyente en la capacidad vectorial de los vectores, entendiendo esta capacidad vectorial como la supervivencia, la tasa de crecimiento, el periodo de incubación del patógeno y la actividad y patrón de transmisión estacionales del vector. Las precipitaciones favorecerían el aumento en la calidad de las zonas de cría de mosquitos, beneficiando su reproducción, aunque si estas precipitaciones aumentaran hasta el punto de provocar inundaciones, muchos de estos hábitats desaparecerían impidiendo el desarrollo de estos vectores. Las sequías, por otro lado, obligarían al vector a aumentar su frecuencia de alimentación por las condiciones de deshidratación generadas <sup>3</sup>. Además, como resultado de estos cambios, surgirían y ya constan, situaciones inéditas por la desaparición de vectores de zonas que solían habitar o la proliferación de los mismos en zonas donde antes no podían sobrevivir. Esta última situación parecería ser la más frecuente y la de peor pronóstico para estas áreas ya que su población sería vulnerable a estos patógenos por la falta de contacto previo. La aparición de brotes de chikungunya en Italia y de dengue en Francia y Croacia o la aparición de casos esporádicos de malaria en Europa después de su erradicación en 1970 <sup>14</sup>, son algunos de los casos más claros.

## **1.5. Justificación**

Tras ver estos datos, parece innegable la creciente incidencia de este tipo de patologías durante los últimos años <sup>5,6</sup>, así como la gran evolución que ha experimentado su distribución geográfica <sup>3,14</sup>. Al mismo tiempo, el CC es otro fenómeno que ha aumentado su presencia y relevancia de manera relativamente reciente <sup>1-3</sup>. Conocer los efectos que este puede tener sobre las ETVs, ayudaría a establecer planes de control más específicos y por lo tanto con mayor efectividad por parte de los sistemas de salud pública de las regiones más vulnerables.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo general

Conocer la influencia del CC sobre las ETVs.

### 2.2. Objetivos específicos

- Identificar cambios en la distribución geográfica de las ETVs y/o de sus vectores transmisores.
- Identificar cambios epidemiológicos (prevalencia, incidencia y/o mortalidad) de las ETVs.
- Identificar los factores derivados del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos de las ETVs.

## 3. Material y métodos

### 3.1. Diseño

La presente revisión integradora de la literatura de carácter cualitativo, pretende alcanzar los objetivos planteados mediante una búsqueda guiada por una pregunta clínica en las principales bases de datos, llevada a cabo entre los meses de enero y marzo de 2020.

### 3.2. Pregunta clínica

Se trata de una pregunta clínica de tipo etiológico en formato PIO (PICO sin comparación):

***“¿Cómo influye el cambio climático en las enfermedades transmitidas por vectores a nivel mundial?”***

*Tabla 1. Pregunta clínica en formato PIO. Fuente: elaboración propia*

P (Población)	I (Intervención)	O (Resultados)
Población mundial	Cambio climático	Influencia en enfermedades transmitidas por vectores

### 3.3. Palabras clave y descriptores en ciencias de la salud

Las palabras clave utilizadas durante la búsqueda han sido: “*cambio climático*”, “*enfermedades transmitidas por vectores*” y “*enfermedades infecciosas*”. Estas palabras se han traducido a terminología DeCS y MeSH (tabla 2).

*Tabla 2. Terminología MeSH y DeCS utilizada. Fuente: elaboración propia*

Lenguaje natural	MeSH	DeCS	
		<i>Castellano</i>	<i>Inglés</i>
Cambio climático	Climate Change	Cambio Climático	Climate Change
Enfermedades transmitidas por vectores	Vector Borne Diseases	(no encontrado) *	(no encontrado) *
Enfermedades infecciosas	Communicable Diseases	Enfermedades Transmisibles	Communicable Diseases

\*ha sido imposible encontrar el DeCS de enfermedades transmitidas por vectores. El MeSH existente para este término, ha sido introducido este mismo año 2020, por lo que quizás durante los meses en que se realizó esta búsqueda, todavía no estaba su traducción.

### 3.4. Estrategia de búsqueda

La búsqueda de esta revisión se ha realizado entre los meses de enero y marzo de 2020 y para su realización se han utilizado varias combinaciones de las palabras clave expuestas en la tabla 2 mediante los operadores booleanos “AND” y “OR”. De esta forma se establecen diferentes estrategias de búsqueda. Estas estrategias se han llevado a cabo en diferentes bases de datos, obteniéndose, tras la aplicación de diversos filtros que han delimitado la investigación, un número determinado de artículos (tabla 3). Los filtros corresponden a un límite temporal de 2 años, admitiendo únicamente artículos a texto completo en inglés o español y que traten sobre seres humanos. Se especifican en la tabla 3, los filtros de cada base, ya que cada una ofrece unos filtros automáticos. El filtrado en aquellas bases que no ofrecen algún filtro se ha llevado a cabo manualmente mediante la lectura del título y resumen. Las bases de datos utilizadas han sido: PubMed, Trip Database, ProQuest Health & Medical Collection, BVS y Cochrane Library.

*Tabla 3. Bases de datos, estrategias de búsqueda y artículos encontrados. Fuente: elaboración propia*

Base de datos	Estrategia de búsqueda	Nº artículos encontrados	Nº artículos filtrados
<b>PubMed</b>	("Climate Change"[Mesh]) AND ("Communicable Diseases"[Mesh]) OR ("Vector Borne Diseases"[Mesh]))	655	96  Filtros: - Desde 01/01/2018 - Texto completo - En humanos

Continuación tabla 3. Bases de datos, estrategias de búsqueda y artículos encontrados.

<b>Trip Database</b>	(Climate change) AND ((vector borne diseases) OR (communicable diseases))	484	85  Filtros: - Desde 2018
<b>ProQuest Health &amp; Medical Collection</b>	(Climate Change) AND ((vector borne diseases) OR (communicable disease))	14.346	0  Filtros: - Desde 01/01/2018 - Texto completo - Idiomas inglés y español - En humanos
<b>BVS</b>	(tw:(climate change)) AND ((tw:(vector borne diseases)) OR (tw:(communicable diseases)))	1.046	214  Filtros: - Desde 2018 - Texto completo - Idiomas inglés y español
<b>Cochrane Library</b>	(MeSH descriptor: [Climate Change] explode all trees) AND ((MeSH descriptor: [Vector Borne Diseases] explode all trees) OR (MeSH descriptor: [Communicable Diseases] explode all trees))	2	0  Filtros: - Desde 2018

### **3.5. Criterios de selección**

#### **3.5.1. Criterios de inclusión**

- Artículos publicados en los últimos 2 años (2018, 2019 y 2020).
- Artículos disponibles en texto completo.
- Artículos en castellano e inglés.
- Artículos que traten de humanos.

#### **3.5.2. Criterios de exclusión**

- Artículos duplicados.
- Artículos cuyo título y/o resumen, no mantengan relación con los objetivos establecidos.

### **3.6. Evaluación de calidad metodológica**

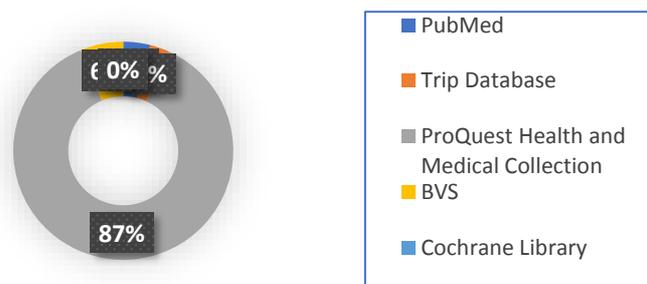
Para evaluar la calidad metodológica de los artículos seleccionados tras la aplicación de los filtros específicos de cada base de datos y los criterios de selección restantes se han utilizado dos herramientas. Lectura Crítica 3.0 para las revisiones y una lista de verificación propuesta por Dufault et al., la cual evalúa aspectos relacionados con el diseño, metodología estadística y calidad de estudios ecológicos transversales <sup>15</sup>. Se ha utilizado esta herramienta ya que actualmente no hay o no se ha encontrado ninguna validada para la evaluación de calidad de este tipo de estudios. La lista se ha adaptado de la misma forma que en la revisión sistemática de estudios ecológicos de Betran et al., sobre la tasa óptima de cesárea <sup>16</sup>, para que su uso sea válido sobre estudios ecológicos longitudinales. Se han considerado válidos para su uso en esta revisión, aquellas revisiones con una puntuación media o alta tras la realización de las preguntas planteadas en la ficha de LC 3.0 (anexo 5) y aquellos estudios ecológicos con una puntuación igual o superior a 13 de un máximo de 21 puntos, según la lista de verificación de Dufault et al. adaptada (anexo 6).

## 4. Resultados

### 4.1. Resultados de la búsqueda y proceso de selección

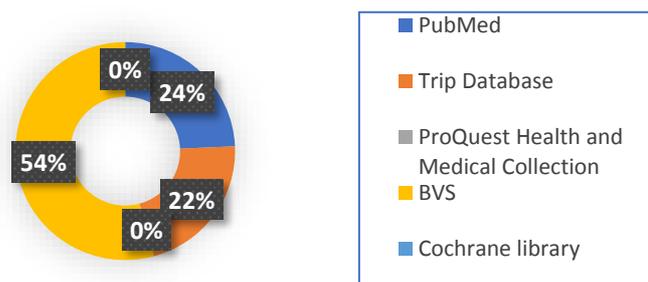
Siguiendo la estrategia de búsqueda descrita y sin aplicar los filtros establecidos, se han encontrado un total de N = 16.533 artículos. El 3,7% (n = 655) se han obtenido en PubMed, el 2,9% (n = 484) de Trip Database, el 86,8% (n = 14.346) en ProQuest Health and Medical Collection, el 6,3% (n = 1046) en BVS y por último el 0,01% en Cochrane Library. A continuación, la distribución gráfica de los mismos según la base de datos:

Figura 1. Resultados estrategia de búsqueda sin filtros según base de datos. Fuente: elaboración propia



Seguidamente se han aplicado los filtros propios de cada base de datos según los criterios de selección establecidos y la cantidad de artículos se ha visto reducida a N = 395. Su distribución es la siguiente: el 24,3% (n = 96) se ha recogido en PubMed, el 21,5% (n = 85) en Trip Database y el resto, es decir, el 54,2% (n = 214) en BVS. Los artículos obtenidos en ProQuest Health and Medical Collection y en Cochrane Library se han desechado por completo tras la aplicación de los filtros.

Figura 2. Resultados estrategia de búsqueda con filtros según base de datos. Fuente: elaboración propia



Sobre el total de artículos encontrados (N = 16.533), se han descartado tras la aplicación de los filtros automáticos de cada base de datos, n = 16.139. El número total de artículos descartado según filtro ha sido el siguiente: por el filtro “Desde 2018” se han descartado n = 12.601, la aplicación del filtro “Texto completo” ha desechado n = 320 artículos, el filtro idiomático, “Idioma inglés y español” ha descartado n = 11 artículos y, por último, por el filtro “En humanos” se han descartado n = 3.207 artículos. En la tabla 4, se muestran estos resultados en función de la base de datos utilizada.

*Tabla 4. Artículos descartados según filtro y base de datos. Fuente: elaboración propia*

	Desde 2018	Texto completo	Idioma inglés y español	En humanos
<i>PubMed</i>	536	1	-	22
<i>Trip Database</i>	399	-	-	-
<i>ProQuest Health and Medical Collection</i>	10.849	306	6	3.185
<i>BVS</i>	815	13	5	-
<i>Cochrane Library</i>	2	-	-	-
<b>TOTAL ARTÍCULOS DESCARTADOS</b>	12.601	320	11	3.207

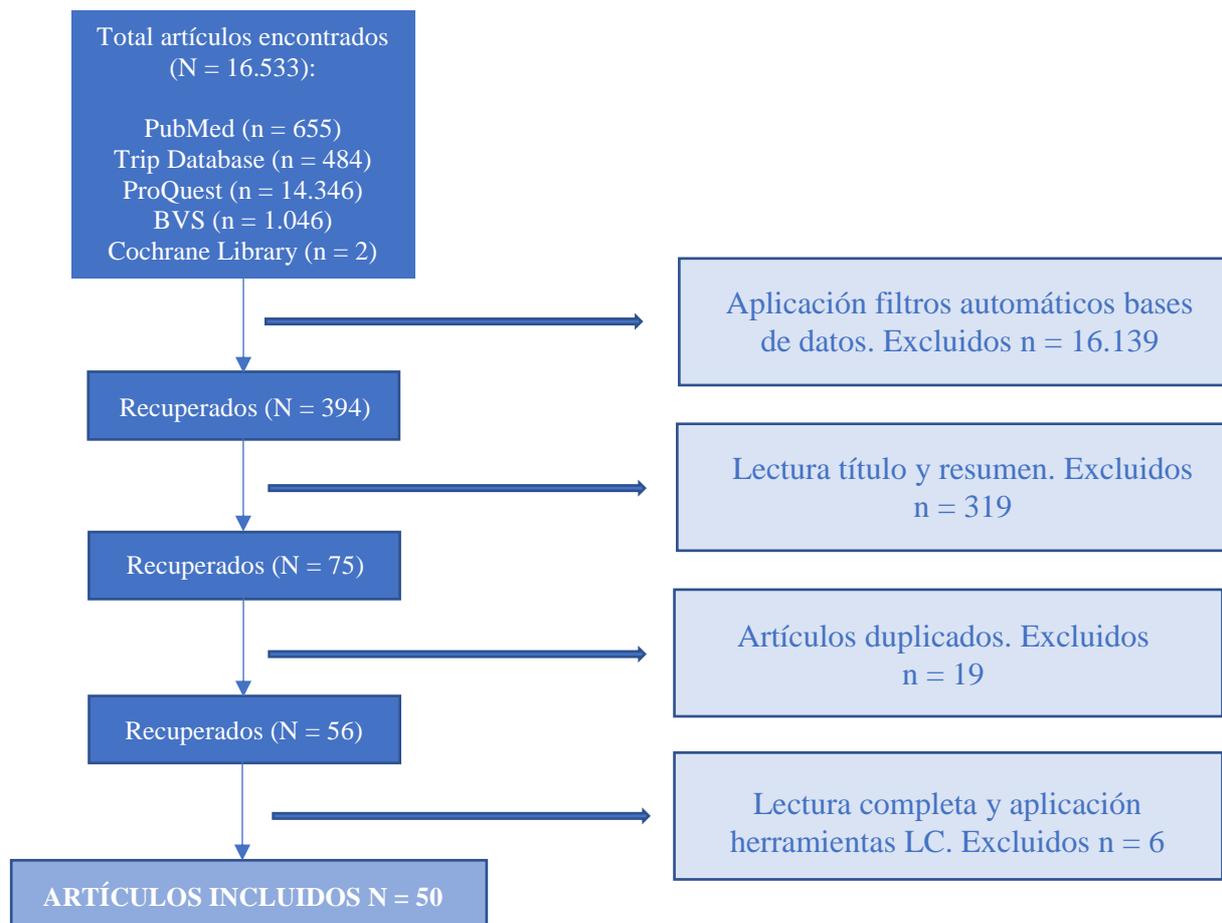
Cabe destacar que, al descartar los artículos mediante un filtro, se aplica el siguiente filtro sobre el número de artículos restantes al primer descarte, es decir, los descartes por “Texto

completo” se realizan sobre el número de artículos obtenidos tras el descarte de “Desde 2018”.

Después de la búsqueda y filtrado se ha procedido a la lectura del título y resumen de un total de  $N = 394$  artículos, prescindiendo de  $n = 319$  por no cumplir con el criterio de exclusión: “Artículos cuyo título y/o resumen, no mantengan relación con los objetivos establecidos.”. Finalmente, de la cantidad restante  $N = 75$  se excluyen aquellos artículos que se encuentran en varias bases de datos, es decir, los duplicados, restando un total de  $N = 56$  artículos para aplicar las herramientas de evaluación de calidad metodológica expuestas anteriormente.

En la siguiente figura, se muestra el diagrama de flujo correspondiente a este proceso.

Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de selección. Fuente: elaboración propia



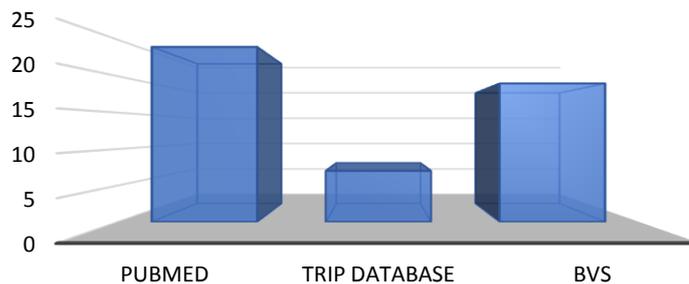
## 4.2. Características de los artículos incluidos

Los artículos finalmente incluidos en esta revisión tras la aplicación de los criterios de selección, se han clasificado en función de los siguientes factores: la base de datos de origen del artículo, el tipo de estudio realizado, la localización geográfica abarcada en el estudio y la o las ETVs tratadas por el mismo.

### 4.2.1. Base de datos de origen

La distribución de los artículos atendiendo a la base de datos de origen ha sido: PubMed (n = 24), Trip Database (n = 7) y BVS (n = 19), y su representación gráfica se muestra a continuación:

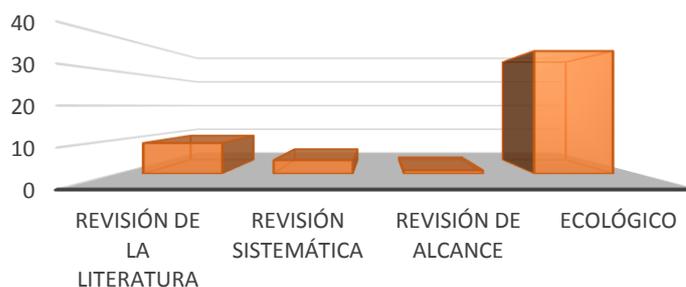
*Figura 4. Artículos incluidos en la revisión según base de datos. Fuente: elaboración propia*



### 4.2.2. Tipo de estudio

Según el tipo de estudio, se ha observado que el 19,2% (n = 9) ha correspondido a revisiones de la literatura, el 7,7% (n = 4) han sido revisiones sistemáticas, el 1,9% (n = 1), se ha tratado de una revisión de alcance y el 71,2% (n = 36) restante han sido estudios ecológicos.

*Figura 5. Artículos incluidos en la revisión según tipo de estudio. Fuente: elaboración propia*

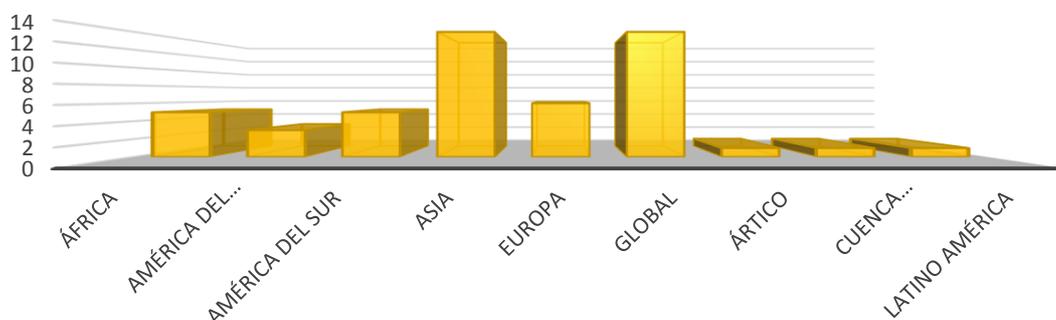


### 4.2.3. Área geográfica

Se han clasificado los artículos según la zona geográfica estudiada. La clasificación ha sido de elaboración y decisión propia, buscando obtener una representación a nivel global.

Se han distinguido los 5 continentes, “África” (n = 5), América, la cual se ha dividido en “América del Norte” (n = 3) y “América del Sur” (n = 5), “Asia” (n = 14), “Europa” (n = 6) y Oceanía, de la cual no se ha obtenido ningún artículo. Además, se ha destinado un grupo a los artículos sin distinción de área geográfica, denominado “Global” (n = 14), otro a los artículos cuya área estudiada fue el “Ártico” o las regiones de alta latitud (n = 1), otro denominado “Cuenca Mediterránea” (n = 1) y finalmente, otro llamado “Latino América” (n = 1). Estos dos últimos grupos se han creado por la dificultad de incluir los artículos que contienen en alguna de las otras áreas, ya que abarcan varios continentes, en el primer caso, e incluyen países pertenecientes a grupos diferentes (Colombia, Brasil y México) en el segundo.

Figura 6. Artículos incluidos en la revisión según área geográfica estudiada. Fuente: elaboración propia

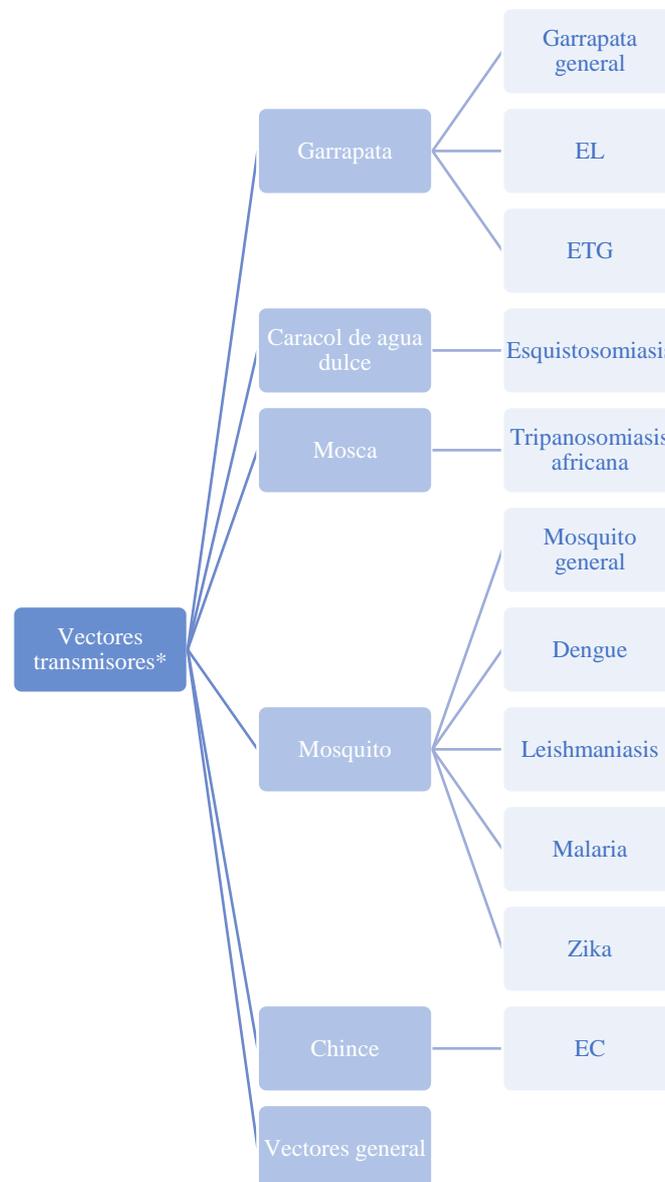


### 4.2.4. Enfermedad transmitida según vector

De la misma forma que con el área geográfica, se ha tratado de obtener una representación adecuada a nivel global de cada una de las patologías transmitidas por vectores, lo más ajustada posible a su importancia epidemiológica y los resultados obtenidos.

Primeramente, se han clasificado las patologías según el vector transmisor, reservando un grupo, llamado “*Vectores general*” para aquellos artículos que engloban a todas las enfermedades, sin especificar vector. Del mismo modo, algunos de los grupos formados en primera instancia, incorporan un subgrupo para artículos que traten de un único vector, sin especificar patología, denominado “(*Vector correspondiente*) *general*”, además de los subgrupos destinados a cada enfermedad transmitida por el vector que da nombre al grupo. Esta clasificación se muestra a continuación:

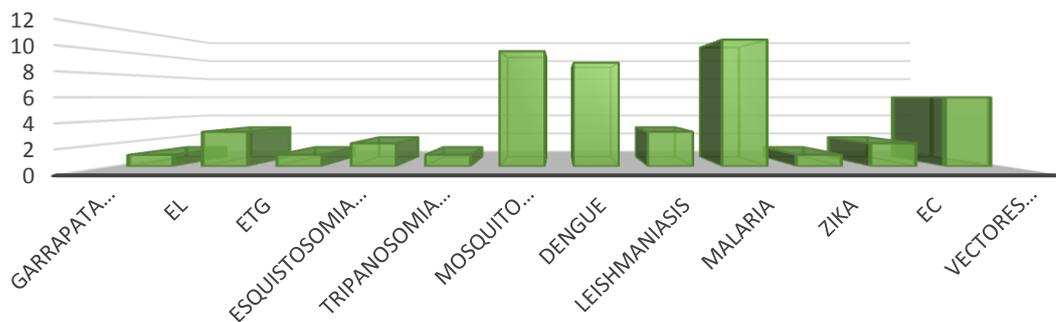
Figura 7. Clasificación enfermedad transmitida según vector. Fuente: elaboración propia



\*Se ha decidido utilizar el nombre común de los vectores, y no su nombre científico para mayor entendimiento del lector.

De esta clasificación han derivado un total de 11 subgrupos: “*Garrapata general*” (n = 1), “*EL*” (n = 3), “*ETG*” (n = 1), “*Esquistosomiasis*” (n = 2), “*Tripanosomiasis africana*” (n = 1), “*Mosquito general*” (n = 10), “*Dengue*” (n = 9), “*Leishmaniasis*” (n = 3), “*Malaria*” (n = 11), “*Zika*” (n = 1) y “*EC*” (n = 2), y un grupo, “*Vectores general*” (n = 6). La figura 8 muestra su representación gráfica.

Figura 8. Artículos incluidos en la revisión según enfermedad vectorial o vector transmisor. Fuente: elaboración propia



Para finalizar el apartado de resultados y llevar a cabo la discusión de esta revisión, se han distinguido algunos de los aspectos más relevantes de cada uno de los artículos incluidos en la misma. El título, ETVs estudiada según vector, año de publicación, base de datos, tipo de estudio, puntuación obtenida en la evaluación de calidad metodológica, objetivos y finalmente conclusiones. A continuación, se muestran en la tabla 5.

*Tabla 5. Artículos incluidos en la revisión. Fuente: elaboración propia*

Título	ETVs estudiada	Año de publicación	Base de datos	Tipo de estudio	LC	Objetivo	Conclusión
Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases	Vectores general	2019	PubMed	Revisión de la literatura	ALTA	Conocer el impacto del CC reciente y futuro sobre las ETVs.	Con la resistencia a medicamentos e insecticidas en auge, se deben llevar a cabo esfuerzos de financiación e investigación para ganar la batalla frente a las ETVs.
Impact of past and on-going changes on climate and weather on vector-borne diseases transmission: a look at the evidence	Vectores general	2019	BVS	Revisión de alcance	MEDIA	Conocer el impacto del CC sobre los patrones de transmisión de algunas ETVs.	El aumento de la T <sup>a</sup> debido al calentamiento global tiene un impacto en estas enfermedades. Aún así, se necesita estudiar este impacto a un nivel más específico para evitar factores de confusión y proporcionar recomendaciones adecuadas.
Analysis of the spatial distribution of scientific publications regarding vector-borne diseases related to climate variability in South America	Vectores general	2018	PubMed	Revisión sistemática	ALTA	Recoger evidencia científica sobre las ETVs relacionada con la variabilidad del clima en Sudamérica.	La técnica utilizada permitió determinar el nivel de conocimiento de las principales ETVs relacionado con la variabilidad climática en Sudamérica.

Continuación tabla 5. Artículos incluidos en la revisión.

Human infectious diseases and the changing climate in the Arctic	Vectores general	2018	PubMed	Revisión sistemática	ALTA	Entender como los factores climáticos y el CC afecta a las enfermedades infecciosas en el Ártico	Se predice que el aumento en la temperatura y las precipitaciones tendrán el mayor impacto en las enfermedades infecciosas en el Ártico.
The impact of climate variability on infectious disease transmission in China: Current knowledge and further directions	Vectores general	2019	BVS	Revisión de la literatura	ALTA	Examinar la relación entre la variabilidad climática y la transmisión de enfermedades infecciosas en China.	Explorar estrategias de adaptación y el peligro del CC ayudará a desarrollar sistemas de alarma temprana y proteger la salud pública en China.
Vector-borne diseases and climate change: a European perspective	Vectores general	2018	PubMed	Revisión de la literatura	Alta	Conocer la relación entre ETVs y el CC desde una perspectiva europea.	Se predice que el CC va a producir cambios en la distribución geográfica de varias especies de garrapatas, mosquitos y mosca en Europa.

*Continuación tabla 5. Artículos incluidos en la revisión.*

Range Expansion of Tick Disease Vectors in North America: Implications for Spread of Tick-Borne Disease	Garrapata general	2018	Trip Database	Revisión de la literatura	Alta	Discutir el estado geográfico de 4 especies de garrapatas en relación con preocupaciones de salud pública.	El rango geográfico de las 4 especies de garrapatas estudiadas está en expansión.
“Ticking Bomb”: The Impact of Climate Change on the Incidence of Lyme Disease	EL	2018	Trip Database	Ecológico	15	Conocer el impacto del CC en la incidencia de la EL.	El número de casos de EL en los Estados Unidos aumentará alrededor de un 20% en las décadas siguientes.
Lyme Disease Risks in Europe under Multiple Uncertain Drivers of Change	EL	2019	PubMed	Ecológico	15	Proyectar los patrones de riesgo de EL en Europa derivados del CC.	Diferencias en los riesgos de la EL resultaron de los efectos de la T <sup>a</sup> , uso de tierras y distribución del huésped.
The effects of multiyear and seasonal weather factors on incidence of Lyme disease and its vector in New York State	EL	2019	BVS	Ecológico	17	Conocer las asociaciones entre indicadores climáticos únicos y multianuales y la incidencia de EL en Nueva York.	Los casos de EL aumentarán en un 4-10% con un T <sup>a</sup> mínima de entre 40 Y 50 °F.

*Continuación tabla 5. Artículos incluidos en la revisión.*

Increased Relative Risk of Tick-Borne Encephalitis in Warmer Weather	ETG	2018	BVS	Ecológico	13	Abordar la necesidad de predicciones precisas del riesgo de contraer ETG.	Las dosis de virus en las picaduras de garrapatas aumentan a temperaturas más altas, incrementando así el riesgo de contraer ETG.
Schistosomes, snails and climate change: Current trends and future expectations	Esquistosomiasis	2019	PubMed	Revisión sistemática	ALTA	Identificar estudios sobre los impactos del CC en los agentes transmisores de la esquistosomiasis.	La transmisión de la esquistosomiasis dependerá en un futuro de la capacidad de los parásitos y caracoles de adaptación y movimiento.
The Effect of Climate change and the Snail-Schistosome Cycle in transmission and Bio-Control of Schistosomiasis in Sub-Saharan Africa	Esquistosomiasis	2019	BVS	Revisión de la literatura	MEDIA	Revisar el impacto del CC en la transmisión de la esquistosomiasis y la distribución de varios vectores de la misma.	El impacto del CC en la infección por esquistosoma es muy pronunciado sobre la producción, supervivencia y tasa de fecundidad de los vectores.
Climate change and African tripanosomiasis vector populations in Zimbabwe's Zambezi Valley: A mathematical modelling study	Tripanosomiasis africana	2018	Trip Database	Ecológico	15	Desarrollar un modelo para comprobar si el aumento de Tª en Zambezi podría explicar la disminución de vectores transmisores.	El aumento de la Tª explicaría la abundancia de la población de moscas tsetse y avanzaría la relación entre aumento de Tª y tripanosomiasis.

Continuación tabla 5. Artículos incluidos en la revisión.

The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change	Mosquito general	2019	PubMed	Revisión de la literatura	ALTA	Conocer los impactos del CC en la salud humana.	Los datos publicados aclaran las tendencias actuales de un mundo en calentamiento con efectos que amenazan a los humanos.
The effect of global change on mosquito-borne disease	Mosquito general	2019	Trip Database	Revisión de la literatura	ALTA	Comprender el alcance y los resultados de los estudios de modelos sobre el clima basado en las enfermedades transmitidas por mosquitos.	No hay consenso sobre como los futuros cambios en las condiciones climáticas impactará la existencia de las enfermedades transmitidas por mosquitos.
Assessing the potential impact of vector-borne disease transmission following heavy rainfall events: a mathematical framework	Mosquito general	2019	BVS	Ecológico	15	Investigar el impacto de fuertes lluvias en la transmisión de las enfermedades transmitidas por mosquitos en zonas templadas.	El impacto en la transmisión de las ETVs es mayor cuanto más temprana es la aparición de las fuertes lluvias en la temporada de transmisión.
Climate patterns and mosquito-borne disease outbreaks in South and Southeast Asia	Mosquito general	2018	BVS	Ecológico	17	Determinar la relación entre la aparición de brotes de enfermedades transmitidas por mosquitos y la Tª y precipitaciones en el sur y sureste de Asia.	Se identificaron niveles altos de Tª y precipitaciones relacionados con la aparición de brotes.

Continuación tabla 5. Artículos incluidos en la revisión.

Geographic shifts in <i>Aedes aegypti</i> habitat suitability in Ecuador using larval surveillance data and ecological niche modelling: Implications of climate change for public health vector control	Mosquito general	2019	BVS	Ecológico	19	Estimar la futura distribución de mosquitos <i>Aedes aegypti</i> en Ecuador.	El CC producirá cambios en la distribución de mosquitos por lo ciertas intervenciones en salud publica serán necesarias para proteger a la población vulnerable.
Global expansion and redistribution of <i>Aedes</i> -borne virus transmission risk with climate change	Mosquito general	2019	BVS	Ecológico	15	Pronosticar los impactos del CC en los virus transmitidos por el <i>Aedes</i> , especialmente dengue, chikungunya y zika.	El CC aumentará las nuevas exposiciones a los virus transmitidos por <i>Aedes</i> .
Mapping the global potential distributions of two arboviral vectors <i>Aedes aegypti</i> and <i>Ae. Albopictus</i> under changing climate	Mosquito general	2018	BVS	Ecológico	17	Actualizar las distribuciones potenciales de ambos vectores.	Las predicciones de la distribución de ambos vectores coinciden con las actualmente conocidas.
Modeling the present and future distribution of arbovirus vectors <i>Aedes aegypti</i> and <i>Aedes albopictus</i> under climate change scenarios in Mainland China	Mosquito general	2019	BVS	Ecológico	19	Modelar la distribución actual y futura de ambas especies en China.	El área y población expuesta a mosquitos aumentarán significativamente.

*Continuación tabla 5. Artículos incluidos en la revisión.*

Possible impacts of sea level rise on disease transmission and potential adaptation strategies, a review.	Mosquito general	2018	BVS	Revisión de la literatura	ALTA	Conocer el impacto del aumento del nivel del mar en la transmisión de enfermedades.	Es necesaria la implementación de estrategias para garantizar la resiliencia de la comunidad dado a que el aumento del nivel del mar continuará.
Modelling potential distribution of arbovirus vector <i>Aedes aegypti</i> under current and future climate scenarios in Taiwan, China	Mosquito general	2019	BVS	Ecológico	19	Predecir el habitat potencial de <i>Aedes aegypti</i> bajo futuros escenarios del CC en Taiwan, China.	Se espera que <i>Aedes aegypti</i> establezca nuevos hábitats bajo la tendencia del CC global.
Climate change and dengue fever transmission in China: Evidences and challenges	Dengue	2018	PubMed	Revisión sistemática	ALTA	Conocer el impacto del CC en la fiebre del dengue en China.	Es necesaria una mayor investigación sobre el tema, y elaboración de modelos específicos para las regiones de mayor riesgo.
Climate variability and dengue hemorrhagic fever in Southeast Sulawesi Province, Indonesia	Dengue	2018	PubMed	Ecológico	ALTA	Determinar la asociación entre factores climáticos y la fiebre hemorrágica del dengue y desarrollar una predicción aproximada de su transmisión.	Los factores meteorológicos son importantes para la determinación de la ratio de incidencia de la fiebre hemorrágica del dengue en Kendari.

Continuación tabla 5. Artículos incluidos en la revisión.

Climate-driven variation in mosquito density predicts the spatiotemporal dynamics of dengue	Dengue	2019	BVS	Ecológico	15	Establecer un modelo predictivo asociando el clima y el riesgo de dengue.	Se demuestra la variación en las condiciones del clima local y su impacto en la abundancia de mosquitos.
Potential effects of climate change on dengue transmission dynamics in Korea	Dengue	2018	PubMed	Ecológico	15	Evaluar los riesgos potenciales de los brotes de dengue por medio de la capacidad intensidad del vector.	Una temperatura significativamente más alta aumenta la amenaza potencial de brotes de dengue en Corea.
Limiting global-mean temperature increase to 1.5-2°C could reduce the incidence and spatial spread of dengue fever in Latin America	Dengue	2018	PubMed	Ecológico	15	Estimar el impacto del futuro CC y crecimiento de población en el número adicional de casos de dengue.	El CC amplificará la transmisión de dengue y podría evitarse limitando el calentamiento global a 1.5°C por encima de los niveles preindustriales.
Modeling and Predicting Dengue Incidence in Highly Vulnerable Countries using Panel Data Approach	Dengue	2019	PubMed	Ecológico	17	Examinar los efectos del CC y variables socioeconómicas en la incidencia de dengue en algunos de los países más vulnerables.	El CC, medido por la temperatura, está contribuyendo a la diseminación del dengue. Mediante educación y mejoras en salud pública se podría manejar esta situación.

*Continuación tabla 5. Artículos incluidos en la revisión.*

Present and Future of Dengue Fever in Nepal: mapping Climatic Suitability by Ecological Niche Model	Dengue	2018	PubMed	Ecológico	17	Predecir las presentes y futuras áreas de idoneidad climática del dengue en Nepal.	Se anticipa que la población expuesta a estas áreas aumentará. Esta información ayudaría a incorporar estrategias de control de la enfermedad en Nepal.
The current and future global distribution and population at risk of dengue	Dengue	2019	PubMed	Ecológico	15	Predecir la idoneidad ambiental global para el virus a partir de 2015.	Las proyecciones proporcionan una pieza clave para entender la amenaza global cambiante de las ETVs y ayudarán a la toma de decisiones.
The threat of climate change to non-dengue-endemic countries: increasing risk of dengue transmission potential using climate and non-climate datasets	Dengue	2019	PubMed	Ecológico	15	Conocer el riesgo de aparición de la enfermedad en países no endémicos, como el caso de Japón.	Los países no endémicos adyacentes a los países donde aparecen los brotes están expuestos al riesgo de la fiebre del dengue.
Ecological niche modeling for the prediction of cutaneous leishmaniasis epidemiology in current and projected future in Adana, Turkey	Leishmaniasis	2019	Trip Database	Ecológico	15	Desarrollar un modelo para predecir la distribución de leishmaniasis cutánea en áreas endémicas de Adana.	La distribución de la leishmaniasis cutánea variará dependiendo de la zona de la provincia. El modelo podría ser útil en futuros estudios sobre el control de vectores.

*Continuación tabla 5. Artículos incluidos en la revisión.*

Effects of time-lagged meteorological variables on attributable risk of leishmaniasis in central region of Afghanistan	Leishmaniasis	2019	BVS	Ecológico	17	Proporcionar análisis sobre el cambio en la asociación entre leishmaniasis y calor o frío.	Se destaca la no linealidad, el retraso de los efectos y la magnitud del riesgo de leishmaniasis asociado con la temperatura.
Ecological niche modeling predicting the potential distribution of Leishmania vectors in the Mediterranean basin: impact of climate change.	Leishmaniasis	2018	BVS	Ecológico	19	Predecir la distribución geográfica de 6 vectores de la leishmaniasis en la cuenca Mediterránea.	Confirma la importancia de los factores climáticos y ambientales en la distribución de los vectores de la leishmaniasis.
Burden of climate change on malaria mortality	Malaria	2018	PubMed	Ecológico	17	Conocer el riesgo del CC en la mortalidad de la malaria.	Se estima que la temperatura global óptima para incrementar la mortalidad de la malaria en todas las edades es de 20.8°C. En África y Asia, los continentes más prevalentes la Tª es de 28.4°C y 26.3°C. La mortalidad infantil podría incrementar en un 20% en algunas áreas debido al cambio climático.
Climate drivers of malaria at its southern fringe in the Americas	Malaria	2019	PubMed	Ecológico	15	Analizar los posibles impulsores ambientales de la malaria en el noroeste de Argentina.	Un incremento de los eventos climáticos extremos podría aumentar el riesgo de diseminación y reemergencia de malaria más allá de la distribución actual.

Continuación tabla 5. Artículos incluidos en la revisión.

Distribution of <i>Anopheles</i> vectors and potential malaria transmission stability in Europe and the Mediterranean area under future climate change	Malaria	2019	PubMed	Ecológico	19	Conocer la distribución del vector <i>Anopheles</i> y la potencial transmisión de malaria en Europa y el Mediterráneo bajo las condiciones del CC.	La transmisión potencial de malaria aumenta en áreas donde el cc favorezca la capacidad vectorial.
Do climate changes alter the distribution and transmission of malaria? Evidence assessment and recommendations for future studies	Malaria	2019	BVS	Revisión de la literatura	ALTA	Dilucidar los aspectos importantes sobre la influencia del CC en la distribución y transmisión de la malaria.	Importancia de elaborar estrategias y mejorar el sistema de vigilancia incluso en áreas sin prevalencia de malaria para prevenirla en un futuro.
Effects of Climate Change and Heterogeneity of Local Climates on the Development of Malaria Parasite ( <i>Plasmodium vivax</i> ) in Moscow Megacity Region	Malaria	2019	PubMed	Ecológico	15	Conocer los cambios en la transmisión de la malaria bajo el CC en Moscú.	Las condiciones climáticas para la malaria transmitida por <i>plasmodium vivax</i> son mejores en la actualidad.
Impact of climate variability on the transmission risk of malaria in northern Côte d'Ivoire	Malaria	2018	PubMed	Ecológico	17	Analizar los parámetros climáticos asociados a la transmisión de la malaria en Korhogo.	Aumentos en la Tª y precipitaciones mostraron un aumento en los casos de malaria. Con el estudio se podrían establecer sistemas de alarma tempranos para evitar los brotes de malaria.

*Continuación tabla 5. Artículos incluidos en la revisión.*

Malaria smear positivity among Kenyan children peaks at intermediate temperatures as predicted by ecological models	Malaria	2019	BVS	Ecológico	15	Evaluar la relación entre la Tª ambiental y la malaria.	Existe una relación unimodal entre la Tª ambiental y la incidencia de la malaria humana con picos en la transmisión de la misma a Tª más bajas de lo reconocido clínicamente.
Predicting the direct and indirect impacts of climate change on malaria in coastal Kenya	Malaria	2019	PubMed	Ecológico	15	Investigar los impactos de los efectos directos e indirectos del CC en las dinámicas de la malaria.	El aumento de la Tª del aire por el CC tiene efectos nocivos en los hábitats y ciclos de vida de los mosquitos transmisores. Son significativos también los cambios en la humedad del suelo.
Projecting environmental suitable areas for malaria transmission in China under climate change scenarios.	Malaria	2018	PubMed	Ecológico	19	Proyectar la distribución e idoneidad de transmisión de la malaria bajo el CC en China.	Las áreas idóneas para la transmisión de la malaria aumentarán con el cambio climático en China.
Projecting potential spatial and temporal changes in the distribution of plasmodium vivax and Plasmodium falciparum malaria in China with climate change	Malaria	2018	PubMed	Ecológico	19	Evaluar el efecto potencial del CC en la malaria bajo varios escenarios.	La distribución espacial y temporal de la malaria cambiará en China debido al futuro CC.

Continuación tabla 5. Artículos incluidos en la revisión.

The association between temperature, rainfall and humidity with common climate-sensitive infectious diseases in Bangladesh	Malaria	2018	BVS	Ecológico	15	Examina la asociación de la temperatura, humedad y lluvia con 6 ETVs sensibles al clima en Bangladesh.	Los resultados muestran una relación entre los patrones climáticos y la incidencia de estas ETVs.
Temperature drives Zika virus transmission: evidence from empirical and mathematical models	Zika	2018	Trip Database	Ecológico	19	Estimar el rendimiento térmico del virus Zika en <i>Aedes aegypti</i> .	La temperatura óptima de transmisión del Zika es 29°C. En las áreas que ya se cuenta con esta temperatura descenderán los casos y, al contrario.
Estimando el efecto del cambio climático sobre el riesgo de la enfermedad de Chagas en Chile por medio del número reproductivo	EC	2019	Trip Database	Ecológico	17	Estimar el efecto del CC sobre la EC en Chile.	El eventual incremento del área de transmisión de la enfermedad es preocupante.
Potential impact of climate change on the geographical distribution of two wild vectors of Chagas disease in Chile: <i>Mepraia spinolai</i> and <i>Mepraia gejardoi</i>	EC	2019	PubMed	Ecológico	19	Estimar la distribución actual y proyectar las futuras consecuentes al CC.	Las áreas adecuadas para ambas especies pueden ser mayores que las conocidas actualmente, generando nuevos desafíos en términos de control y prevención de vectores.

## 5. Discusión

Con la finalidad de facilitar la comprensión de este apartado, se ha realizado una división en función de las ETVs clasificadas según el vector transmisor en la figura 7, de manera que se muestre de una forma más clara el contenido de los artículos. Se han expuesto los cambios en la distribución geográfica, indicadores epidemiológicos y factores derivados del CC influyentes en dichos cambios, es decir, los objetivos específicos establecidos, de cada una de las patologías.

### 5.1. Enfermedad de Lyme

#### 5.1.1. Cambios geográficos

Caminade et al. en su revisión <sup>13</sup>, destacan cambios actuales en el hábitat de las garrapatas del género *Ixodes* (principal vector de la EL) hacia áreas donde la humedad sea al menos del 85% y la temperatura se eleve sobre 7 °C en las zonas templadas del hemisferio norte, así como un aumento de su presencia en futuros escenarios, en el norte y este de Europa. Tanto Waits et al., en su revisión sistemática <sup>17</sup>, como Semanza et al. en su revisión de la literatura <sup>18</sup>, reafirman esta tendencia de aumento en la presencia de este tipo de garrapatas hacia áreas del norte y este de Europa, así como, zonas de mayor altitud y latitud. Li et al., mediante un estudio ecológico <sup>19</sup>, llevan a cabo proyecciones de la distribución de la EL en Europa. En un futuro escenario con emisiones de gases contaminantes reducidas, el riesgo de EL será reducido, mientras que un escenario intermedio representaría un riesgo mayor incluso que uno con emisiones altas de estos gases.

En América del Norte, las enfermedades transmitidas por garrapatas son el tipo de ETV más prevalente, y a su vez, la EL es la más común, tal y como expresa Dunic et al. en su estudio ecológico <sup>20</sup>. Sonenshine en su revisión <sup>21</sup>, asegura que la presencia de estos vectores se ha extendido a prácticamente a la totalidad de los estados de EE. UU, estableciéndose incluso en partes del sur de Canadá, donde el rango de expansión llega a ser de 46 km/año en provincias

como la de Ontario. En el estado de Nueva York, también se observa el aumento del riesgo de exposición en zonas de mayor altitud<sup>22</sup>. Además, zonas secas del norte del continente, las cuales se habían considerado inhospitables hasta ahora para estas especies y la enfermedad que transmiten se verán afectadas<sup>13</sup>.

### **5.1.2. Cambios epidemiológicos**

En la provincia de Ontario, Canadá, la incidencia de la EL ha aumentado de 0,4 a 2,7 desde 2009 a 2016<sup>13</sup>. Dunic et al.<sup>20</sup>, realizan una proyección hacia mediados del siglo XXI, en la que se asume un incremento de 2 °C en la temperatura media anual, y afirman un aumento del 20% en la prevalencia de la EL en EE. UU. Lin et al.<sup>22</sup>, afirman que las condiciones climáticas de las estaciones de verano y primavera, junto a las suaves temperaturas invernales debidas al CC, incrementarían entre un 4 y 10% el número de casos de la EL en el Estado de Nueva York.

### **5.1.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos**

Li et al., mediante un estudio ecológico<sup>19</sup>, destaca la temperatura derivada del CC, como uno de los factores responsables del cambio en la distribución de la EL en Europa. Sonenshine et al.<sup>21</sup>, del mismo modo, señalan a la moderación de las frías temperaturas en invierno como el principal factor causante del aumento en el rango de expansión en los países norteamericanos. Dunic et al.<sup>20</sup>, coinciden, ya que en su proyección, el aumento de temperatura es la principal variable. La temperatura también es destacada por Lin et al., en su estudio ecológico sobre el Estado de Nueva York<sup>22</sup>. En dicho estudio, se expone una asociación positiva entre la enfermedad y las nuevas condiciones de humedad, como exponían Caminade et al. en su revisión<sup>13</sup>, pero no entre la enfermedad y las precipitaciones. Al parecer, estas relaciones son más complejas por lo que sería necesaria una búsqueda más exhaustiva al respecto.

## **5.2. Encefalitis transmitida por garrapatas**

### **5.2.1. Cambios geográficos**

Tanto Waits et al. en su revisión sobre el Ártico <sup>17</sup>, como Semenza et al. en su revisión de la literatura <sup>18</sup>, coinciden con la EL en cuanto a su expansión hacia el norte y este de Europa, así como zonas de mayor altitud y latitud del continente, produciéndose una reducción de la misma en el sur del propio y zonas en las que se prevén sequías. En la revisión de Caminade et al. <sup>13</sup>, se reafirma esta situación, exponiendo un incremento en la población de estos vectores en el norte de Rusia.

### **5.2.2. Cambios epidemiológicos**

Según Caminade et al. <sup>13</sup>, en estas zonas del norte de Rusia, se muestra una incidencia 50 veces mayor de ETG durante las primeras décadas del siglo XXI en comparación con los años noventa. Obviamente la incidencia, prevalencia y mortalidad de la enfermedad aumentará en las nuevas zonas ocupadas.

### **5.2.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos**

Waits et al. <sup>17</sup>, destacan el aumento de temperatura como el principal originario del acelerado desarrollo y expansión de las garrapatas causantes de la ETG. Caminade et al. <sup>13</sup>, también lo hacen y afirman que el incremento de vectores observado en el norte de Rusia, está íntimamente relacionado con el aumento anual de la temperatura. Daniel et al., en su estudio ecológico <sup>23</sup>, afirman que el riesgo relativo de contraer ETG aumenta en el periodo de verano-otoño ya que la temperatura también produciría un aumento de la replicación del virus y de la dosis del mismo en las picaduras de estas garrapatas. Waits et al. <sup>17</sup>, al igual que Lin et. al, en su estudio sobre la EL en Nueva York <sup>22</sup>, exponen el incremento de las precipitaciones como un factor que podría afectar negativamente al crecimiento de estos vectores, disminuyendo así, la incidencia de ETG. Por otro lado, según Semenza et al. <sup>18</sup>, pese a que reconocen la importancia del CC sobre esta enfermedad, identifican otros como los factores principales del aumento en la incidencia de

ETG: cobertura de inmunización, actividad turística, exposición humana y condiciones socioeconómicas.

### 5.3. Esquistosomiasis

#### 5.3.1. Cambios geográficos

Caminade et al. <sup>13</sup>, también hablan sobre la esquistosomiasis, asegurando que sufrirá un incremento significativo del 20% del riesgo de infección en el este de África en los siguientes 20-50 años, así como una expansión hacia áreas no endémicas de China a mediados de siglo XXI como consecuencia del CC. Yi et al. <sup>24</sup>, coinciden con esta expansión. La revisión sistemática de Stensgaard et al. <sup>25</sup>, expone una falta de consenso en cuanto a los efectos del cambio CC sobre esta enfermedad, aunque sugiere que es más probable que cambie y no que expanda los rangos geográficos de la esquistosomiasis. Las dos principales especies de esquistosomas presentes en África (*Schistosoma haematobium* y *S. Mansoni*), variarán su zona termal de confort, aunque la primera especie experimentará condiciones climáticas menos favorables.

#### 5.3.2. Cambios epidemiológicos

Parece evidente el aumento de la incidencia, prevalencia y mortalidad en las nuevas zonas ocupadas por estos vectores, como son algunas áreas no endémicas del norte de China <sup>13,24</sup>.

#### 5.3.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos

López et al. en su revisión <sup>26</sup>, exponen la temperatura y las precipitaciones como principales factores influyentes en este aumento de la presencia de los vectores transmisores de la esquistosomiasis. Yi et al. <sup>24</sup>, coinciden con Caminade et al. <sup>13</sup> y López et al. <sup>26</sup>, ya que nombran la temperatura, precipitaciones y además humedad, como condiciones directa o indirectamente relacionadas con el hábitat del vector. Por el contrario, Adekiya et al., en su revisión <sup>27</sup>, afirman

que un incremento en la temperatura de ciertas regiones, podría disminuir el estadio infeccioso del esquistosoma debido a una disminución en la producción de caracoles y en el crecimiento y ratio de desarrollo del parásito. Dependerá por tanto si este incremento supera los rangos termales óptimos de los vectores.

## **5.4. Tripanosomiasis africana**

### **5.4.1. Cambios geográficos**

Según Fouque et al. en su revisión de alcance <sup>28</sup>, en África se ha producido una disminución de las condiciones medioambientales ideales para la mosca *tsetse*, el principal vector de la tripanosomiasis africana. Esto ha derivado en un desplazamiento de estos vectores hacia el sur del continente, fragmentando su hábitat con la consecuente reducción de su densidad. Tanto Fouque et al. <sup>28</sup>, como Lord et al. <sup>29</sup>, afirman una disminución de la densidad de estos vectores en regiones como la del Valle de Zambezi, donde previamente al aumento de la temperatura derivado por el CC ya existían cifras altas. Este aumento excesivo ha llevado a un incremento de la presencia de la mosca *tsetse* en zonas de mayor altitud, donde las no tan cálidas temperaturas favorecen su desarrollo y por lo tanto transmisión.

### **5.4.2. Cambios epidemiológicos**

La prevalencia, incidencia y mortalidad de esta enfermedad aumentarán en zonas de mayor altitud del continente africano y disminuirán en aquellas áreas donde las condiciones climáticas ya no puedan favorecer el desarrollo de la mosca *tsetse*.

### **5.4.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos**

Fouque et al. <sup>28</sup>, señalan a la temperatura y las grandes sequías y por lo tanto a la falta de humedad y precipitaciones, como los principales factores causantes de estas variaciones geográficas y epidemiológicas.

## 5.5. Dengue

Tal y como exponen Caminade et al., en su revisión <sup>13</sup>, las especies de mosquito *Aedes albopictus* y *Aedes aegypti* (principales vectores del virus causante del dengue, un arbovirus del género *Flavivirus*), han visto modificado su desarrollo y diseminación por el CC. Se muestran diferencias en cuanto el rango óptimo de transmisión de ambas especies. Mientras *Aedes aegypti* puede sobrevivir a temperaturas de hasta 34 °C resistiendo a cambios climáticos más severos, *Aedes albopictus* lo hace hasta 29,4 °C, viéndose afectado mucho antes ante los mismos cambios <sup>30</sup>.

### 5.5.1. Cambios geográficos

Mediante modelación de nicho ecológico, Kamal et al. <sup>31</sup>, anticipan una expansión hacia el norte de los Estados Unidos y este de Europa en cuanto a *Aedes albopictus*, y hacia el sur de Australia en cuanto a *Aedes aegypti*. Del mismo modo, Liu et al. <sup>32</sup>, y Boyang Liu et al. <sup>33</sup>, proyectan una expansión de ambos vectores hacia el norte de China Continental y Taiwan.

Según Caminade et al. <sup>13</sup>, las futuras condiciones climáticas podrían crear del área sur-este de Europa, una zona idónea para su transmisión. Semenza et al. <sup>18</sup>, discrepan y establecen este área de idoneidad al centro del continente, asegurando que la prevalencia de la enfermedad disminuirá en países como España o Portugal debido al aumento de la temperatura por encima del rango ideal de transmisión vectorial y el exceso de sequedad.

Yi et al. <sup>24</sup>, y Lippi et al. <sup>34</sup>, a nivel global, afirman que el aumento de las temperaturas derivaría con el traslado del dengue a zonas de mayor altitud. Kumar Acharya et al. <sup>35</sup>, confirman este suceso, asegurando un mismo resultado en todos los escenarios asumidos por un modelo de nicho ecológico en Nepal. Esto parece mostrar un cambio en las zonas ideales de transmisión de estos mosquitos, más que una expansión de las mismas, tal y como afirman Servadio et al.

<sup>36</sup>.

### **5.5.2. Cambios epidemiológicos**

Se trata de una patología principalmente urbana, ya que los humanos pueden actuar como reservorio, pudiendo los mosquitos infectarse tras su picadura <sup>37</sup>. Aún así, se afirma que un incremento de la temperatura podría aumentar su incidencia, incluso sin crecimiento de población <sup>24</sup>. Se muestra por ejemplo este aumento de la incidencia en regiones montañosas de Ecuador <sup>34</sup> o en países como Nepal <sup>24</sup>, donde el CC aumentaría las temperaturas medias. Según Jung-Seok Lee et al. <sup>38</sup>, los cambios expuestos en la distribución geográfica, expondrían el dengue a países o regiones donde la enfermedad no es endémica y por tanto, donde la población sería más vulnerable. Esta situación estaría íntimamente ligada con el aumento de la mortalidad e incidencia en estas zonas.

### **5.5.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos**

Tanto Fouque et al. <sup>28</sup>, como Watts et al. en el informe de The Lancet sobre salud y CC del 2019 <sup>39</sup>, subrayan a los cambios de temperatura y precipitaciones, como los principales factores alterantes del patrón de transmisión de esta enfermedad. Lee et al. <sup>40</sup>, exponen a Korea como uno de los países donde las altas temperaturas aumentarían de manera significativa el riesgo de aparición de brotes de dengue. Colón-González et al. <sup>41</sup> coinciden, afirmando que una limitación del incremento de temperatura global a 1,5 °C podría reducir la incidencia y propagación del dengue y Anwar et al. <sup>42</sup> lo hace, confirmando la temprana incubación de los vectores y aparición y diseminación de brotes como consecuencia del incremento de la temperatura en países vulnerables como India, Bangladesh o Filipinas.

Tosepu et al. <sup>43</sup> y Ruiyun Li et al. <sup>44</sup>, mediante sus estudios ecológicos, aportan evidencia sobre la importancia de los factores meteorológicos en la incidencia de la enfermedad en Indonesia y China respectivamente. López et al. <sup>26</sup>, añaden la humedad como el tercer factor y ahondan en dicha importancia de los eventos meteorológicos. Revelan que las precipitaciones extremas no mantienen relación con la presencia de estos vectores en América del Sur. En China hay diferencia, ya que Fouque et al. <sup>28</sup> junto con Yi et al. <sup>45</sup>, relacionan los eventos extremos como El Niño (fenómeno climático que implica cambios en las temperaturas de las aguas en la parte

central y oriental del pacífico tropical), con un incremento en la incidencia de dengue, existiendo discrepancias en cuanto a los eventos extremos como las sequías. En cuanto a las lluvias intensas, Chowell et al. <sup>46</sup>, afirman que su impacto en la transmisión de la enfermedad es mayor cuanto más temprana es la aparición de las precipitaciones en la temporada de transmisión. En China, la patología se ha extendido hacia el norte <sup>24,45</sup>, aunque existe discusión sobre cuál es el principal factor contribuyente <sup>24</sup>, la temperatura <sup>45</sup> o las precipitaciones. Además, Li et al., en su revisión <sup>45</sup>, destacan la presión del aire como un cuarto factor decisivo en la transmisión de la enfermedad, aunque asegura una falta de consenso en cuanto a la positividad o negatividad de todos los factores (temperatura, humedad, precipitaciones y presión del aire).

A diferencia de lo expuesto hasta ahora, Dvorak et al. <sup>37</sup>, y Franklins et al. <sup>47</sup>, exponen otros procesos (urbanización, viajes, cambios socio-económicos...) con un impacto mucho mayor sobre el aumento de la incidencia del dengue en comparación con los derivados del CC. Messina et al. <sup>48</sup>, mediante un estudio ecológico, combinan ambos tipos de factores, los cambios medioambientales y los socio-económicos, para destacar una expansión en el rango geográfico de la enfermedad.

## **5.6. Leishmaniasis**

### **5.6.1. Cambios geográficos**

Fouque et al. <sup>28</sup>, reportan un cambio en la distribución de los vectores transmisores de la leishmaniasis (mosquitos del género *Phlebotomus*) hacia el norte de Europa, atribuido a cambios en las condiciones climáticas. Esto ha llevado a la aparición de casos en países como Bélgica y Alemania, previamente libres de la enfermedad. Semenza et al. <sup>18</sup> coinciden, sugiriendo un cambio en el rango geográfico de los vectores en el continente desde el sur, donde predominan las altas temperaturas y poca humedad, hacia países del centro del mismo. Chalghaf et al. <sup>49</sup>, se centran en la cuenca mediterránea en su estudio ecológico, y confirman esta sugerencia. Mediante modelación de nicho ecológica, proyectan una expansión de la misma hacia las regiones norteafricanas más próximas. Artun et al. <sup>50</sup> en su estudio ecológico sobre la provincia de Adana, Turquía, situada al sur del país, exponen una estabilidad de la leishmaniasis

cutánea en el norte de la provincia y un aumento en la incidencia en el sur debido a cambios en el clima.

Fouque et al.<sup>28</sup> destacan el mismo tipo de desplazamiento en el hemisferio sur, concretamente en Argentina o en el sur de Asia, en países como Nepal.

### **5.6.2. Cambios epidemiológicos**

Fouque et al.<sup>28</sup> y Semenza et al.<sup>18</sup> resaltan un aumento en la incidencia de casos en dichas zonas del norte y centro de Europa, así como en las regiones citadas del hemisferio sur. Del mismo modo, habrá una caída en la incidencia de la leishmaniosis en la cuenca mediterránea, una zona con una gran prevalencia de la enfermedad en la actualidad.

### **5.6.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos**

Según López et al.<sup>26</sup>, el aumento de brotes de leishmaniasis en América del Sur, se relaciona principalmente con las precipitaciones. Semenza et al.<sup>18</sup>, discrepan ante esto, ya que señalan a la temperatura y la humedad relativa como los factores alterantes principales de la reproducción, desarrollo y ratio del vector transmisor. Tanto Artun et al.<sup>50</sup> en Turquía, como Adegboye et al.<sup>51</sup> en Afganistán, coinciden con la dependencia de la enfermedad a la temperatura.

## **5.7. Malaria**

### **5.7.1. Cambios geográficos**

Las condiciones climáticas alcanzadas en el futuro como consecuencia del cambio climático son idóneas para la transmisión de la enfermedad en áreas tropicales altas como las de Etiopía en el este de África<sup>13,28,39</sup>, aunque perjudiciales para el desarrollo de la patología en las zonas áridas del oeste del continente, como son las del territorio marfileño<sup>52</sup>. En la costa keniana,

según Le et al.<sup>53</sup>, también tendrá lugar esta última situación, ya que los resultados de su estudio ecológico indican una reducción de los hábitats y densidad de los vectores transmisores debida al incremento de la temperatura del aire. El aumento de la enfermedad se reportó también en Colombia<sup>28</sup>. En Europa, Estados Unidos o regiones templadas de Asia, también se darán las condiciones óptimas para la transmisión de la malaria pero los servicios avanzados de salud pública que presentan, aplacarán este potencial incremento<sup>13,18,24</sup>. Aún así, se han producido brotes, como el de Grecia en 2010 o Italia en 2017, y se ha observado un aumento de la prevalencia en regiones templadas de China, relacionado con las condiciones climáticas<sup>13</sup>. Hundessa et al. en sus dos estudios ecológicos<sup>54,55</sup>, estimaron una expansión en prácticamente todas las regiones del país de las áreas climáticas idóneas para la malaria en China, dependiente sobre todo de la temperatura y las precipitaciones. Concretamente, en Europa, la temperatura y las precipitaciones provocarían una movilización de los vectores transmisores hacia el norte y una disminución de los mismos en el área Mediterránea<sup>56</sup>. Mironova et al.<sup>57</sup> estudian los efectos de estos cambios sobre Moscú, afirmando la presencia de mejores condiciones climáticas para *Plasmodium vivax* (uno de los principales parásitos causantes de la malaria) en la actualidad. Estas condiciones óptimas se establecen sobre todo en áreas con gran densidad de población. En la región noroeste de Argentina, también se mostrará esta presencia aumentada de la enfermedad como resultado de la mayor calidez del clima y los eventos climáticos extremos<sup>58</sup>.

### 5.7.2. Cambios epidemiológicos

El rango termal óptimo del parásito causante de la malaria es de 25 °C a 30 °C<sup>59</sup>. Según Yi et al.<sup>24</sup>, un aumento de 1 °C tanto en la temperatura máxima como en la mínima en la región este de China, conllevaría una subida de hasta el 12,7% y 15,8% en el número de casos de malaria respectivamente. Fouque et al.<sup>28</sup> reafirman esta relación e indican que un incremento de las temperaturas mínimas en el norte, a nivel global, aumentaría la incidencia de la malaria, mientras que un incremento de las máximas en el sur, reduciría la actividad de la misma. Además, se estima un incremento de hasta el 20% en la mortalidad infantil de 0 a 4 años, de la enfermedad, en algunas áreas del planeta a finales del siglo XXI como consecuencia de estas mismas condiciones<sup>59</sup>.

### **5.7.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos**

Los parásitos del género *Plasmodium* causantes de la malaria, son transmitidos por mosquitos hembra del género *Anopheles* y al igual que los vectores del dengue o la leishmaniasis, sufren muchas variaciones estacionales relacionadas con la temperatura y las precipitaciones <sup>26</sup>. Los factores relacionados con el CC influyentes en la incidencia de la malaria son la temperatura, las precipitaciones y la humedad relativa <sup>24,39</sup>. Según Dasgupta et al. <sup>59</sup>, la temperatura y las precipitaciones, también influyen en la mortalidad de la enfermedad, aumentándola.

Un incremento moderado de la temperatura media, favorecería el desarrollo de la enfermedad y sus vectores, pero si este incremento es excesivo, la actividad de la enfermedad disminuiría <sup>26,28,60</sup>. En cuanto a las precipitaciones, también tienen un gran impacto en la transmisión de la patología, como muestra el aumento de su transmisión en Uganda, Zambia, Kenia o Papua Nueva Guinea tras eventos de grandes precipitaciones en la última década <sup>28</sup>. Además, Yi et al. <sup>24</sup>, las señalan como el factor de mayor influencia sobre la transmisión de la malaria en China y establece una relación con la enfermedad parecida a la de la temperatura. Cuando las lluvias son moderadas, se ve incrementada la capacidad de transmisión de sus vectores, mientras que, si se trata de precipitaciones abundantes, su incidencia se ve reducida por la limpieza de larvas y huevos. Estos eventos intensos de lluvia, aumentan el riesgo de brote cuanto más temprana es su aparición en la temporada de transmisión vectorial <sup>46</sup>. La mayoría de estudios incluidos en la revisión de López et al. <sup>26</sup> no coinciden con esto, ya que asocian el incremento de incidencia de la enfermedad y abundancia de su vector con una disminución de las precipitaciones. La humedad por otro lado, afecta a la necesidad de alimentación y ratio de reproducción de los vectores, siendo una humedad relativa menor del 60% perjudicial para su transmisión <sup>24</sup>. Chowdhury et al. <sup>61</sup> reafirman esto, ya que en su estudio ecológico sobre Bangladesh, uno de los países más vulnerables frente al CC, se relacionó un aumento de la humedad relativa con un mayor número de casos de malaria. Según Cella et al. <sup>62</sup>, el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) predice un aumento del 50% en el riesgo de contraer malaria y la afectación de áreas previamente no expuestas a la enfermedad como consecuencia del aumento de la temperatura atmosférica y las concentraciones de dióxido de carbono.

## **5.8. Zika**

### **5.8.1. Cambios geográficos**

El patógeno causante de la enfermedad es un tipo de arbovirus del género *Flavivirus* y sus vectores transmisores son mosquitos del género *Aedes* (*Aedes albopictus* y *Aedes aegypti*), por lo que los cambios en la distribución y áreas de idoneidad de los mismos, serán coincidentes a los del dengue <sup>13,18,26</sup>. Se expone un cambio en la distribución de los mismos hacia zonas de mayor altitud y latitud a nivel global <sup>31-34</sup>. Caminade et al. <sup>13</sup> concretan un poco más y exponen un potencial riesgo de transmisión de la enfermedad en estados del sur de Estados Unidos y regiones sureñas de China, así como una disminución de la misma en el sur del continente europeo <sup>13</sup>.

### **5.8.2. Cambios epidemiológicos**

Según Ryan et al. <sup>30</sup> se ha producido un aumento en la transmisión e incidencia de ambos vectores y por lo tanto del Zika, dependiendo del escenario climático estudiado (rangos de temperatura expuestos en el apartado del dengue).

### **5.8.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos**

Murdock et al. <sup>63</sup> destacan en su estudio ecológico, la relevancia de la temperatura en la transmisión del zika, estableciendo la temperatura de transmisión óptima en 29 °C y un rango óptimo de entre 22,7 °C y 34,7 °C. Esto indica que a medida que se alcancen estas cifras, a consecuencia del CC, pero también de la urbanización y las condiciones estacionales, la enfermedad se expandiría hacia el norte y zonas altas a nivel global. Por la misma razón, las regiones que sobrepasen dichos niveles, experimentarían una disminución en la incidencia de la patología. Según Caminade et al. <sup>13</sup> las condiciones climáticas derivadas del fenómeno El Niño, también tuvieron un efecto positivo en la transmisión del zika en Latino América.

## 5.9. Enfermedad de Chagas

### 5.9.1. Cambios geográficos

Dependiendo del escenario proyectado por Garrido et al. <sup>64</sup> en su estudio ecológico, la distribución de los vectores estudiados podría sufrir cambios totalmente contrapuestos. En las proyecciones de bajo riesgo, entendiéndose como aquellas en las que el CC está menos potenciado, muestran una reducción en la aparición de nuevas áreas óptimas para los vectores, mientras que, en los escenarios de alto riesgo, aparecen nuevas áreas idóneas para estos. Esto significaría que ambos vectores mayoritariamente conservarían sus distribuciones actuales independientemente de los escenarios adoptados por el CC, expandiéndose por lo tanto hacia zonas con un clima similar.

### 5.9.2. Cambios epidemiológicos

Tal y como exponen Ayala et al. <sup>65</sup>, la EC es considerada la enfermedad emergente más prevalente de América y al mismo tiempo una de las más desatendidas. Aseguran que si no se mantiene un control del vector (*Triatoma infestans*), continuará aumentando su incidencia independientemente de las futuras condiciones climáticas. Garrido et al. <sup>64</sup> estudian otros vectores de la enfermedad, *Mepraia spinolai* y *Mepraia gajardoi*, y afirman que aumentarían su presencia y por lo tanto su incidencia en zonas con lluvias moderadas de Chile.

### 5.9.3. Factores del CC influyentes en los cambios geográficos y epidemiológicos

Ayala et al. <sup>65</sup> realiza un estudio ecológico sobre el efecto del CC en esta enfermedad, analizando a uno de sus vectores transmisores principales en el territorio chileno, el *Triatoma infestans*, una especie de triatomino. Proponen que esta patología no está relacionada de manera significativa con las variaciones climáticas en Chile. Garrido et al. <sup>64</sup> realizaron el mismo tipo de estudio, sobre el mismo territorio, pero analizando otros vectores de la enfermedad, *Mepraia spinolai* y *Mepraia gajardoi*, otras dos especies de triatominos. El rango termal óptimo de desarrollo de los vectores, es de 26-34 °C y 18-25°C respectivamente, y afirman que las grandes

precipitaciones perjudicarían a la presencia de los mismos, mientras que las lluvias moderadas podrían favorecerla. Por otro lado, la mayoría de estudios incluidos por López et al. <sup>26</sup> en su revisión, indican una relación positiva entre la temperatura y la EC. Esto podría aumentar su rango geográfico, mientras que la bajada en la humedad podría acortar el ciclo vital de sus vectores.

## **6. Limitaciones**

El criterio de temporalidad de los artículos incluidos se acabó acotado a 2 años, tras la realización de dos búsquedas más a 3 y 5 años. Los resultados obtenidos mediante estas búsquedas se consideraron demasiados para la realización de una revisión integradora, por eso se decidió establecer en 2 años el criterio de temporalidad. Este establecimiento pudo haber mermado la representación de las ETVs y la población global. Ante todo, se decidió hacer una revisión con la muestra de artículos más reciente posible.

Otra posible limitación es la que se da en el apartado 5.8. Zika. Y es que, la mayoría de estudios incluidos en esta revisión, trasladan los resultados obtenidos sobre el dengue, al zika, por lo que puede que no sean totalmente exactos. El único que estudia exclusivamente al zika es el estudio ecológico de Murdock et al <sup>63</sup>.

## **7. Conclusión**

Existe gran cantidad de evidencia sobre el ya existente impacto del reciente CC sobre las ETVs. Ahora conocemos mejor el comportamiento de los vectores transmisores y como han cambiado y cambiarán su actividad en los próximos años.

En cuanto a los cambios en la distribución geográfica, se habla de un cambio en las áreas de idoneidad de los vectores transmisores de estas enfermedades, más que de una expansión de las mismas. Esto se debe a que los vectores, junto con las enfermedades que transmiten, se

trasladarán siguiendo a sus condiciones climáticas óptimas hacia nuevos territorios, ya que el nuevo clima en las zonas que solían habitar, las hará inhospitables. Según la mayoría de proyecciones, se puede observar una migración de las ETVs hacia zonas de mayor altitud y latitud, que las habitadas actualmente.

Los cambios epidemiológicos están íntimamente relacionados con la distribución geográfica, ya que como es obvio, la prevalencia, incidencia y mortalidad de estas patologías se verán considerablemente reducidas en zonas donde las condiciones climáticas eran ideales y aumentarán en las nuevas áreas de idoneidad.

Los principales factores derivados del CC y que son y serán esenciales para que los cambios epidemiológicos y geográficos sucedan, son la temperatura, las precipitaciones y la humedad. Pese a la gran cantidad de artículos, en muchos se destaca la necesidad de ampliar los conocimientos por la falta de consenso en cuanto a la positividad o negatividad de dichos factores, ya que dependerá de las características de cada ETV y el área actual en la que habitan.

Esta nueva situación de enfermedades emergentes a nivel mundial, se traduce en un gran reto de salud pública, para el cual serán necesarios este tipo de documentos en los que se prevén estos cambios.

## **8. Futuras líneas de investigación**

Tal y como señalan la mayoría de artículos incluidos, este tipo de documentos ayudarían al establecimiento de planes de prevención mucho más específicos ante la aparición de brotes de ETVs. Tanto en países vulnerables a ciertas patologías, ya que no habían estado en contacto con ellas previamente, como en países en los que estas enfermedades prácticamente desaparecen y han de enfrentarse a una nueva situación con otras amenazas, estos programas supondrían una mejora importante de salud pública, dada la importancia actual y futura de estas enfermedades.

## 9. Bibliografía

1. ONU. NACIONES UNIDAS Cumbre sobre la Acción Climática 2019 [Internet]. 2019 [cited 2020 Jan 18]. Available from: <https://www.un.org/es/climatechange/un-climate-summit-2019.shtml>
2. OMS. Cambio climático y salud [Internet]. 2018. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cambio-climático-y-salud>
3. Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad. Impactos del Cambio Climático en la Salud [Internet]. 2013 [cited 2020 Jan 18]. Available from: [https://www.mscbs.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/CCResumen\\_ESP.pdf](https://www.mscbs.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/CCResumen_ESP.pdf)
4. Dennis S, Fisher D. Climate change and infectious diseases: the next 50 years. *Ann Acad Med Singapore* [Internet]. 2018 [cited 2020 Jan 18];47(10):401–4. Available from: <http://www.annals.edu.sg/pdf/47VolNo10Oct2018/V47N10p401.pdf>
5. OMS. Enfermedades transmitidas por vectores [Internet]. 2017 [cited 2020 Jan 18]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>
6. OMS. RESPUESTA MUNDIAL PARA EL CONTROL DE VECTORES 2017–2030 [Internet]. 2017 [cited 2020 Jan 18]. Available from: [https://www.who.int/malaria/areas/vector\\_control/Draft-WHO-GVCR-2017-2030-esp.pdf](https://www.who.int/malaria/areas/vector_control/Draft-WHO-GVCR-2017-2030-esp.pdf)
7. OMS. Paludismo [Internet]. 2018 [cited 2020 Jan 18]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malaria>
8. OMS. OMS | El Informe mundial sobre el paludismo 2019 de un vistazo [Internet]. 2019 [cited 2020 Feb 14]. Available from: <https://www.who.int/malaria/media/world-malaria-report-2019/es/>
9. OMS. OMS | El informe de este año de un vistazo [Internet]. 2018 [cited 2020 Feb 14]. Available from: <https://www.who.int/malaria/media/world-malaria-report-2018/es/>
10. OMS. OMS | Puntos clave: Informe mundial sobre el paludismo 2017 [Internet]. 2017 [cited 2020 Feb 14]. Available from: <https://www.who.int/malaria/media/world-malaria-report-2017/es/>
11. OMS. Dengue y dengue grave [Internet]. 2019 [cited 2020 Jan 18]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>
12. Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad. PLAN NACIONAL DE PREPARACIÓN Y RESPUESTA FRENTE A ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES Parte I: Dengue, Chikungunya y Zika [Internet]. 2016 [cited 2020 Feb 14]. Available from:

- [https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/DocsZika/Plan\\_Na\\_c\\_enf\\_vectores\\_20160720\\_sin\\_CC.pdf](https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/DocsZika/Plan_Na_c_enf_vectores_20160720_sin_CC.pdf)
13. Caminade C, McIntyre KM, Jones AE. Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. *Ann NY Acad Sci* [Internet]. 2019 [cited 2020 Feb 17];1436(1):157–73. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6378404/>. DOI: 10.1111/nyas.13950
  14. Bergquist R, Stensgaard AS, Rinaldi L. Vector-borne diseases in a warmer world: Will they stay or will they go? *Geospat Health* [Internet]. 2018 [cited 2020 Feb 21];13:1,2. Available from: <https://www.geospatialhealth.net/index.php/gh/article/view/699/647>
  15. Dufault B, Klar N. The Quality of Modern Cross-Sectional Ecologic Studies: A Bibliometric Review. *Am J Epidemiol* [Internet]. 2011 [cited 2020 Apr 2];174(10):1101–7. Available from: <https://academic.oup.com/aje/article-abstract/174/10/1101/105347>. DOI: 10.1093/aje/kwr241
  16. Betran AP, Torloni MR, Zhang J, Ye J, Mikolajczyk R, Deneux-Tharoux C, et al. What is the optimal rate of caesarean section at population level? A systematic review of ecologic studies. *Reprod Health* [Internet]. 2015 [cited 2020 Apr 2];12:57. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4496821/>. DOI: 10.1186/s12978-015-0043-6
  17. Waits A, Emelyanova A, Oksanen A, Abass K, Rautio A. Human infectious diseases and the changing climate in the Arctic. *Environ Int* [Internet]. 2018 Dec;121(1):703–13. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018312005?via%3Dihub>. DOI: 10.1016/j.envint.2018.09.042
  18. Semenza JC, Suk JE. Vector-borne diseases and climate change: a European perspective. *FEMS Microbiol Lett* [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 11];365(2):244. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5812531/>. DOI: 10.1093/femsle/fnx244
  19. Li S, Gilbert L, Vanwambeke SO, Yu J, Purse B V, Harrison PA. Lyme Disease Risks in Europe under Multiple Uncertain Drivers of Change. *Environ Health Perspect* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 11];127(6):13. Available from: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/EHP4615>
  20. Dumic I, Severnini E, Carlo P Di. “Ticking Bomb”: The Impact of Climate Change on the Incidence of Lyme Disease. *Can J Infect Dis Med Microbiol* [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 11];2018:10. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/cjidmm/2018/5719081/>. DOI: 10.1155/2018/5719081
  21. Sonenshine DE. Range Expansion of Tick Disease Vectors in North America: Implications for Spread of Tick-Borne Disease. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 11];15(478):9. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5877023/>.

- DOI: 10.3390/ijerph15030478
22. Lin S, Shrestha S, Prusinski MA, White JL, Lukacik G, Smith M, et al. The effects of multiyear and seasonal weather factors on incidence of Lyme disease and its vector in New York State. *Sci Total Environ* [Internet]. 2019 May 15 [cited 2020 Apr 11];665:1182–8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719306059?via%3Dihub>. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.123
23. Daniel M, Danielová V, Fialová A, Malý M, Kříž B, Nuttall PA. Increased Relative Risk of Tick-Borne Encephalitis in Warmer Weather. *Front Cell Infect Microbiol* | [www.frontiersin.org](http://www.frontiersin.org) [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 12];8(90):11. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5874492/>. DOI: 10.3389/fcimb.2018.00090
24. Yi L, Xu X, Ge W, Xue H, Li J, Li D, et al. The impact of climate variability on infectious disease transmission in China: Current knowledge and further directions. *Environ Res* [Internet]. 2019 Jun 1 [cited 2020 Apr 15];173:255–61. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935119301719?via%3Dihub>. DOI: 10.1016/j.envres.2019.03.043
25. Stensgaard AS, Vounatsou P, Sengupta ME, Utzinger J. Schistosomes, snails and climate change: Current trends and future expectations [Internet]. Vol. 190, *Acta Tropica*. Elsevier B.V.; 2019 Feb [cited 2020 Apr 15]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001706X18308647?via%3Dihub>. DOI: 10.1016/j.actatropica.2018.09.013
26. López MS, Müller G V., Sione WF. Analysis of the spatial distribution of scientific publications regarding vector-borne diseases related to climate variability in South America. *Spat Spatiotemporal Epidemiol* [Internet]. 2018 Aug 1 [cited 2020 Apr 15];26:35–93. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187758451730117X>. DOI: 10.1016/j.sste.2018.04.003
27. Adekiya TA, Taiwo Aruleba R, Oyinloye BE, Okosun KO, Kappo AP, Za KA. The Effect of Climate Change and the Snail-Schistosome Cycle in Transmission and Bio-Control of Schistosomiasis in Sub-Saharan Africa. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 15];17(181):22. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6981654/>. DOI: 10.3390/ijerph17010181
28. Fouque F, Reeder JC. Impact of past and on-going changes on climate and weather on vector-borne diseases transmission: a look at the evidence. *Infect Dis Poverty* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 16];8(51):9. Available from:

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6567422/>. DOI: 10.1186/s40249-019-0565-1
29. Lord Id JS, Hargrove JW, Id SJT, Vale GA. Climate change and African trypanosomiasis vector populations in Zimbabwe's Zambezi Valley: A mathematical modelling study. *PLoS Med* [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 16];15(10):18. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6197628/>. DOI: 10.1371/journal.pmed.1002675
30. Ryan Id SJ, Carlson CJ, Mordecai EA, Johnson LR. Global expansion and redistribution of Aedes-borne virus transmission risk with climate change. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 18];13(3):20. Available from: <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0007213>
31. Kamal Id M, Kenawy MA, Rady MH, Soliman Khaled A, Samy AM. Mapping the global potential distributions of two arboviral vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* under changing climate. *PLoS One* [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 18];13(12):21. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6312308/>. DOI: 10.1371/journal.pone.0210122
32. Liu B, Gao X, Ma J, Jiao Z, Xiao J, Hayat MA, et al. Modeling the present and future distribution of arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* under climate change scenarios in Mainland China. *Sci Total Environ* [Internet]. 2019 May 10 [cited 2020 Apr 18];664:203–14. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719303444>. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.301
33. Liu B, Jiao Z, Ma J, Gao X, Xiao J, Hayat MA, et al. Modelling the potential distribution of arbovirus vector *Aedes aegypti* under current and future climate scenarios in Taiwan, China. *Pest Manag Sci* [Internet]. 2019 Nov 16 [cited 2020 Apr 18];75(11):3076–83. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ps.5424>
34. Lippi CA, Stewart-Ibarra AM, Franklin ME, Loor B, Dueñas Zambrano JE, Espinoza Lopez NA, et al. Geographic shifts in *Aedes aegypti* habitat suitability in Ecuador using larval surveillance data and ecological niche modeling: Implications of climate change for public health vector control. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 18];13(4):19. Available from: <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0007322>
35. Kumar Acharya B, Cao C, Xu M, Khanal L, Naeem S, Pandit S. Present and Future of Dengue Fever in Nepal: Mapping Climatic Suitability by Ecological Niche Model. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 16];15(187):15. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5857046/>. DOI: 10.3390/ijerph15020187

36. Servadio JL, Rosenthal SR, Carlson L, Bauer C. Climate patterns and mosquito-borne disease outbreaks in South and Southeast Asia. *J Infect Public Health* [Internet]. 2018 Jul 1 [cited 2020 Apr 18];11(4):566–71. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876034117302940?via%3Dihub>. DOI: 10.1016/j.jiph.2017.12.006
37. Dvorak AC, Solo-Gabriele HM, Galletti A, Benzecry B, Malone H, Boguszewski V, et al. Possible impacts of sea level rise on disease transmission and potential adaptation strategies, a review. *J Environ Manage* [Internet]. 2018 Jul 1 [cited 2020 Apr 18];217:951–68. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718303359?via%3Dihub>. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.03.102
38. Lee J-S, Farlow A. The threat of climate change to non-dengue-endemic countries: increasing risk of dengue transmission potential using climate and non-climate datasets. *BMC Public Health* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 19];19(934):7. Available from: <https://bmcpublikealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-019-7282-3>
39. Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Belesova K, Boykoff M, et al. The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *The Lancet* [Internet]. 2019 Nov 16 [cited 2020 Feb 18];394(10211):1836–78. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673619325966?via%3Dihub>. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)32596-6
40. Lee H, Kim JE, Lee S, Lee CH. Potential effects of climate change on dengue transmission dynamics in Korea. *PLoS One* [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 19];13(6):23. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6023222/>. DOI: 10.1371/journal.pone.0199205
41. Colón-González FJ, Harris I, Osborn TJ, Steiner C, Ao Bernardo S, Peres CA, et al. Limiting global-mean temperature increase to 1.5-2 • C could reduce the incidence and spatial spread of dengue fever in Latin America. *Proc Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 19];115(24):6243–8. Available from: <https://www.pnas.org/content/115/24/6243>. DOI: 10.1073/pnas.1718945115
42. Anwar A, Khan N, Ayub M, Nawaz F, Shah A, Flahault A. Modeling and Predicting Dengue Incidence in Highly Vulnerable Countries using Panel Data Approach. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 19];16(2296):8. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6650977/>. DOI: 10.3390/ijerph16132296
43. Tosepu R, Tantrakarnapa K, Nakhapakorn K, Worakhunpiset S. Climate variability and dengue

- hemorrhagic fever in Southeast Sulawesi Province, Indonesia. *Environ Sci Pollut Res* [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 19];25:14944–52. Available from:  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-1528-y>
44. Li R, Xu L, Bjørnstad ON, Liu K, Chen A, Xu B, et al. Climate-driven variation in mosquito density predicts the spatiotemporal dynamics of dengue. *Proc Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 19];116(9):3624–9. Available from:  
<https://www.pnas.org/content/116/9/3624>. DOI: 10.1073/pnas.1806094116
45. Li C, Lu Y, Liu J, Wu X. Climate change and dengue fever transmission in China: Evidences and challenges [Internet]. Vols. 622–623, *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V.; 2018 May [cited 2020 Apr 17]. Available from:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717333843?via%3Dihub>. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.326
46. Chowell G, Mizumoto K, Banda JM, Poccia S, Perrings C. Assessing the potential impact of vector-borne disease transmission following heavy rainfall events: a mathematical framework. *Philos Trans B* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 18];374:9. Available from:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6553605/>. DOI: 10.1098/rstb.2018.0272
47. Franklins LHV, Jones KE, Redding DW, Abubakar I. The effect of global change on mosquito-borne disease. *Lancet Infect Dis* [Internet]. 2019 Sep 1 [cited 2020 Feb 19];19(9):302–12. Available from:  
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1473309919301616?token=77191E85084DB27B9207B1F6074E3B5F62EC375ECD2BA61D399EF3C8D9B0C35B8B94291933A921E323B63A73A4B9328A>. DOI: 10.1016/S1473-3099(19)30161-6
48. Messina JP, Brady OJ, Golding N, Kraemer MUG, Wint GRW, Ray SE, et al. The current and future global distribution and population at risk of dengue. *Nat Microbiol* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 19];4:1508–15. Available from:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6784886/>. DOI: 10.1038/s41564-019-0476-8
49. Chalghaf B, Chemkhi J, Mayala B, Harrabi M, Bertin Benie G, Michael E, et al. Ecological niche modeling predicting the potential distribution of Leishmania vectors in the Mediterranean basin: impact of climate change. *Parasites and Vectors* [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 19];11(461):9. Available from:  
<https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-018-3019-x>
50. Artun O. Ecological niche modeling for the prediction of cutaneous leishmaniasis epidemiology in current and projected future in Adana, Turkey. *J Vector Borne Dis* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 19];56:127–33. Available from:

- <http://www.jvbd.org/article.asp?issn=0972-9062;year=2019;volume=56;issue=2;spage=127;epage=133;aulast=Artun>. DOI: 10.4103/0972-9062.263726
51. Adegboye MA, Olumoh J, Saffary T, Elfaki F, Adegboye OA. Effects of time-lagged meteorological variables on attributable risk of leishmaniasis in central region of Afghanistan. *Sci Total Environ* [Internet]. 2019 Oct 1 [cited 2020 Apr 20];685:533–41. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719324544?via%3Dihub>. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.401
  52. M'bra RK, Kone B, Soro DP, N'krumah RTAS, Soro N, Ndione JA, et al. Impact of climate variability on the transmission risk of malaria in northern Côte d'Ivoire. *PLoS One* [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 23];13(6):15. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5999085/>. DOI: 10.1371/journal.pone.0182304
  53. Le PV V, Kumarid P, Ruiz MO, Mbogo C, Muturi EJ. Predicting the direct and indirect impacts of climate change on malaria in coastal Kenya. *PLoS One* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 23];14(2):18. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6364917/>. DOI: 10.1371/journal.pone.0211258
  54. Hundessa S, Li S, Liu DL, Guo J, Guo Y, Zhang W, et al. Projecting environmental suitable areas for malaria transmission in China under climate change scenarios. *Environ Res* [Internet]. 2018 Apr 1 [cited 2020 Apr 23];162:203–10. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935117317589>. DOI: 10.1016/j.envres.2017.12.021
  55. Hundessa S, Williams G, Li S, Liu DL, Cao W, Ren H, et al. Projecting potential spatial and temporal changes in the distribution of *Plasmodium vivax* and *Plasmodium falciparum* malaria in China with climate change. *Sci Total Environ* [Internet]. 2018 Jun 15 [cited 2020 Apr 23];627:1285–93. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718303395>. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.300
  56. Hertig E. Distribution of Anopheles vectors and potential malaria transmission stability in Europe and the Mediterranean area under future climate change. *Parasites and Vectors* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 22];12(18):9. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6325871/>. DOI: 10.1186/s13071-018-3278-6
  57. Mironova V, Shartova N, Beljaev A, Varentsov M, Grishchenko M. Effects of Climate Change and Heterogeneity of Local Climates on the Development of Malaria Parasite (*Plasmodium*

- vivax) in Moscow Megacity Region. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 23];16(694):18. Available from:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6427774/>. DOI: 10.3390/ijerph16050694
58. Laneri K, Cabella B, Iná Cio Prado P, Mendes Coutinho R, Kraenkel RA. Climate drivers of malaria at its southern fringe in the Americas. *PLoS One* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 22];14(7):17. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6619762/>. DOI: 10.1371/journal.pone.0219249
59. Dasgupta S. Burden of climate change on malaria mortality. *Int J Hyg Environ Health* [Internet]. 2018 Jun 1 [cited 2020 Apr 22];221(5):782–91. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463917306995?via%3Dihub>. DOI: 10.1016/j.ijheh.2018.04.003
60. Shah MM, Krystosik AR, Ndenga BA, Mutuku FM, Caldwell JM, Otuka V, et al. Malaria smear positivity among Kenyan children peaks at intermediate temperatures as predicted by ecological models. *Parasites and Vectors* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 23];12(288):9. Available from: <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-019-3547-z>
61. Rabbi Chowdhury F, Shihab Uddin Ibrahim Q, Shafiqul Bari M, Jahangir Alam MM, Dunachie SJ, Rodriguez-Morales AJ, et al. The association between temperature, rainfall and humidity with common climate-sensitive infectious diseases in Bangladesh. *PLoS One* [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 23];13(6):17. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0199579>
62. Cella W, Clarys Baia-da-Silva D, Cardoso de Melo G, Pedro Tadei W, de Souza Sampaio V, Pimenta P, et al. Do climate changes alter the distribution and transmission of malaria? Evidence assessment and recommendations for future studies. *J Brazilian Soc Trop Med* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 23];52:9. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0037-86822019000100251&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0037-86822019000100251&lng=en&nrm=iso&tlng=en). DOI: 10.1590/0037-8682-0308-2019
63. Murdock CC, Tesla B, Demakovsky LR, Mordecai EA, Ryan SJ, Bonds MH, et al. Temperature drives Zika virus transmission: evidence from empirical and mathematical models. *Proc R Soc B* [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 20];285:9. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6111177/>. DOI: 10.1098/rspb.2018.0795
64. Garrido R, Bacigalupo A, Peña-Gómez F, Bustamante RO, Cattán PE, Gorla DE, et al. Potential impact of climate change on the geographical distribution of two wild vectors of Chagas disease in Chile: *Mepraia spinolai* and *Mepraia gajardoi*. *Parasites and Vectors*

- [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 21];12(478):16. Available from:  
<https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-019-3744-9>
65. Ayala S, Alvarado S, Cáceres D, Zulantay I, Canals M. Estimando el efecto del cambio climático sobre el riesgo de la enfermedad de Chagas en Chile por medio del número reproductivo. *Rev Med Chil* [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 21];147:683–92. Available from:  
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v147n6/0717-6163-rmc-147-06-0683.pdf>.  
DOI: 10.4067/S0034-98872019000600683

## 10. Anexos

**Anexo 1.** Carga mundial de las principales enfermedades transmitidas por vectores, a marzo de 2017. Fuente: OMS

Vector	Enfermedad	Número anual estimado o notificado de casos	Número anual estimado de muertes	Años de vida ajustados en función de la discapacidad estimados
Mosquitos	Paludismo <sup>1</sup>	212.000.000 (148.000.000-304.000.000) <sup>1</sup>	429.000 (235.000-639.000) <sup>1</sup>	NA
	Dengue	96.000.000 (67.000.000-136.000.000) <sup>2</sup>	9.110 (5630-10.842) <sup>3</sup>	1.892.200 (1.266.700-2.925.500) <sup>5</sup>
	Filariasis linfática	38.464.000 (31.328.000-46.783.000) <sup>6</sup>	NA	2.075.000 (1.120.500-3.311.500) <sup>5</sup>
	Chikunguña (Américas)	693.000 <sup>7</sup> presuntos casos, 2015	NA	NA
	Enfermedad por el virus de Zika (Américas)	500.000 <sup>8</sup> presuntos casos, 2016	NA	NA
	Fiebre amarilla (África)	130.000 (84.000-170.000) <sup>9</sup>	500* (400-600) <sup>3</sup>	31.000* (25.000-37.000) <sup>3</sup>
	Encefalitis japonesa	42.500* (35.000-50.000) <sup>10</sup>	9.250* (3500-15.000) <sup>10</sup>	431.552* (107.435-755.670) <sup>10</sup>
	Fiebre del Nilo Occidental	2.588 <sup>11</sup>	111 <sup>11</sup>	NA
Simúlidos	Oncocercosis	15.531.500 (11.963.500-19.993.800) <sup>6</sup>	NA	1.135.700 (545.800-2.005.700) <sup>5</sup>
Flebótomos	Leishmaniasis mucocutánea	3.895.000 (3.324.000-4.767.000) <sup>6</sup>	NA	41.500 (19.000-80.000) <sup>5</sup>
	Leishmaniasis visceral	60.800 (57.500-64.700) <sup>6</sup>	62.500 (52.300-73.300) <sup>3</sup>	1.377.400 (3.488.000-5.045.000) <sup>5</sup>
Chinches triatómicos	Enfermedad de Chagas	6.653.000 (5.750.000-7.575.000) <sup>6</sup>	10.600 (4.200-33.000) <sup>3</sup>	236.100 (211.800-265.300) <sup>5</sup>
Garrapatas	Borreliosis (enfermedad de Lyme)	532.125 <sup>12,13</sup>	NA	10,5 (7,6-16,9) por 100.000 habitantes Países Bajos <sup>14</sup>
	Encefalitis transmitida por garrapatas (norte de Eurasia)	10.000-12.000 <sup>15</sup>	NA	167,8 por 100.000 habitantes en Eslovenia <sup>16</sup>
Moscas tsetsé	Tripanosomiasis africana humana (África)	10.700 (6.000-17.000) <sup>6</sup>	6.900 (3.700-10.900) <sup>3</sup>	202.400 (104.600-322.300) <sup>5</sup>
Caracoles	Esquistosomiasis	207.000.000 <sup>17</sup>	200.000 <sup>6</sup>	2.613.300 <sup>5</sup>
Varios	Otras: ** fiebre del Valle del Rift, virus O'nyong-nyong, virus Mayaro, fiebre hemorrágica de Crimea-Congo, rickettsiosis, peste	NA	NA	NA

**Anexo 2.** Evolución epidemiológica del Paludismo. Fuente: elaboración propia

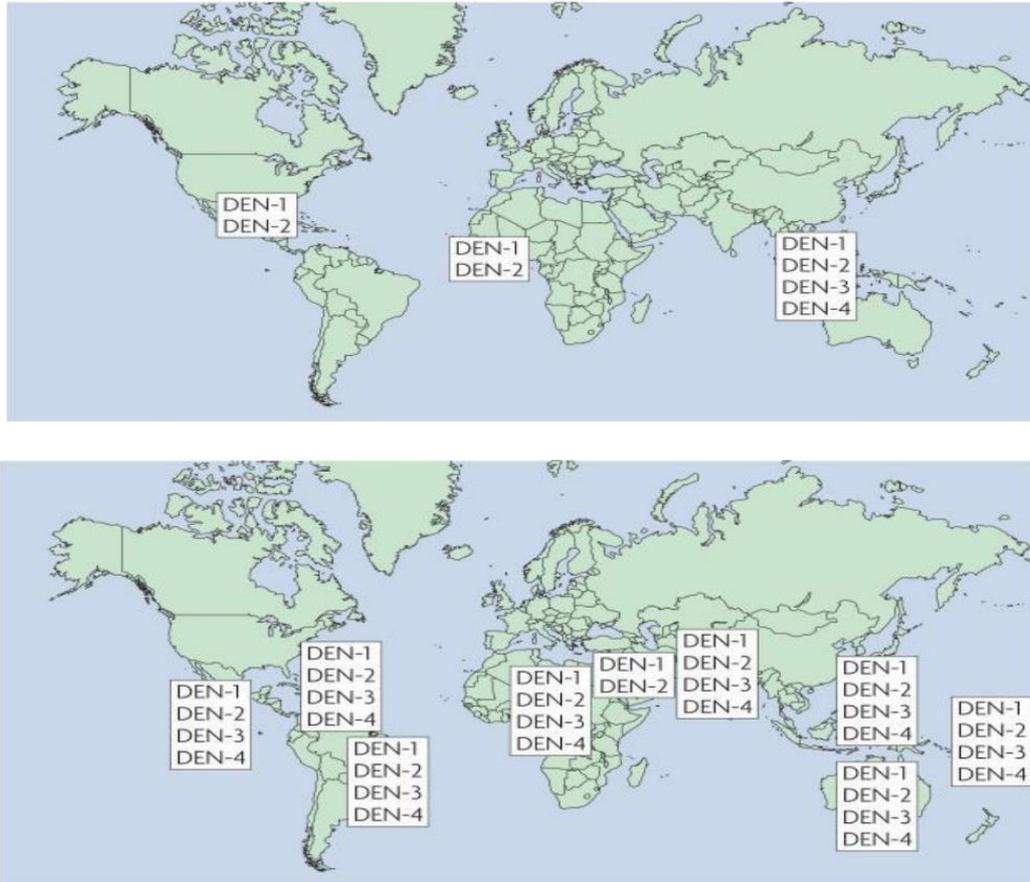
PALUDISMO	Prevalencia <sup>1</sup>	Mortalidad	Tasa de incidencia <sup>2</sup>
2010	251mill.	585.000	71
2015	211mill.	446.000	57
2016	217mill.	451.000	63
2017	231mill.	416.000	59
2018	228mill.	405.000	57

<sup>1</sup> los valores de prevalencia se estiman con un intervalo de confianza [IC] del 95%

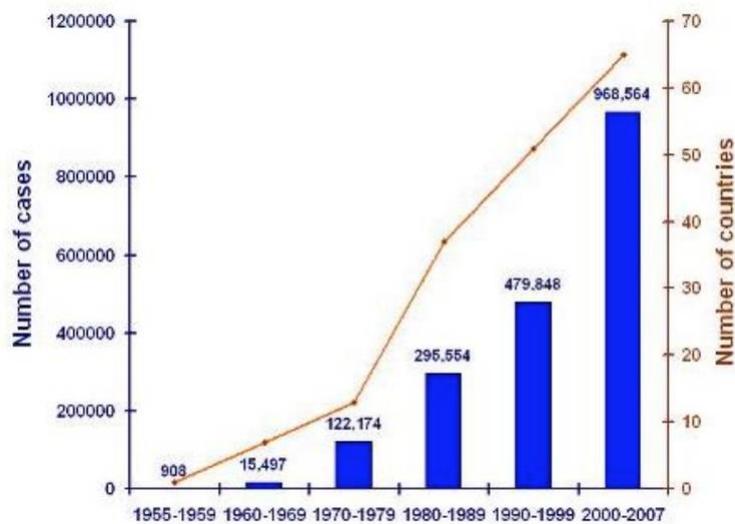
<sup>2</sup> la tasa de incidencia se encuentre expresada en casos por cada 1000 habitantes en riesgo.

Tras una reducción del número de casos en los años posteriores a 2010, la prevalencia se ha mantenido en valores parecidos. Únicamente las regiones de África y Asia Sudoriental de la OMS mostraron una reducción significativa de la mortalidad en cuanto a los valores de 2010, aunque, la tasa de reducción de mortalidad ha bajado el ritmo desde 2015. La tasa de incidencia, por otro lado, se vio reducida a nivel mundial entre los años 2010 y 2018 de 72 a 57 casos por 1000 habitantes en riesgo, sin embargo, desde 2015 hasta la actualidad, la reducción de aparición de nuevos casos no ha sido tan evidente y ha permanecido en niveles similares. La distribución geográfica ha permanecido bastante estable en los últimos años, siendo la región de África de la OMS la que presentó más casos en 2018, con un 93%, seguida de la región de Asia Sudoriental con un 3,4% y la región del Mediterráneo Oriental con un 2,1%.

**Anexo 3.** Distribución geográfica virus del dengue en 1970 y 2004. Fuente: Ministerio Español de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad



**Anexo 4.** Número de casos de Dengue notificados a la OMS entre los años 1950 y 2007. Fuente: Ministerio Español de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad



## Anexo 5. Ficha herramienta de calidad metodológica “Lectura Crítica 3.0” para revisiones. Fuente Plataforma Web 3.0 para Fichas de Lectura Crítica.

### 9-Evaluación de la calidad del estudio

Éste es un resumen de lo que has contestado hasta ahora

#### Pregunta de investigación

¿La revisión sistemática se basa en una pregunta de investigación claramente definida? Sí No Parcialmente Sin información

#### Método

¿La metodología de la revisión ha permitido minimizar los sesgos? Sí No Parcialmente Sin información

#### Resultados

¿Los resultados están correctamente sintetizados y descritos? Sí No Parcialmente Sin información

#### Conclusiones

¿Las conclusiones del estudio están justificadas? Sí No Parcialmente Sin información

#### Conflicto de interés

¿Está bien descrita la existencia o ausencia de conflicto de intereses? Si consta, especifica la fuente de financiación. Sí No Parcialmente Sin información

#### Validez externa

¿Los resultados del estudio son generalizables a la población y contexto que interesan? Sí No Parcialmente Sin información

Teniendo en cuenta tus respuestas a las 6 áreas que aparecen en esta pantalla, valora la calidad de la evidencia aportada por el estudio que has analizado. A modo de orientación, considera las siguientes sugerencias.

	Área de 'Método': SI	Área de 'Método': PARCIALMENTE	Área de 'Método': NO
Mayoría resto áreas: SI	Calidad Alta	Calidad Media	Calidad Baja
Mayoría resto áreas: PARCIALMENTE	Calidad Media	Calidad Media	Calidad Baja
Mayoría resto áreas: NO	Calidad Baja	Calidad Baja	Calidad Baja
<b>No valorable:</b> Has respondido 'Sin información' en el área de 'Método' o en la mayoría de las áreas por lo que no es posible valorar la calidad del estudio			

## Anexo 6. Ficha de evaluación de calidad de estudios ecológicos. Fuente: What is the optimal rate of caesarean section at population level? A systematic review of ecologic studies.

Evaluation criterion	Categories	Definition	Points (max=21)
<b>STUDY DESIGN (max=12)</b>			
Design	Cross-sectional Longitudinal	If it is a multi-level design (e.g. ecologic + individual), the study is upgraded one point (e.g. cross-sectional + multi-level receives 2 points)	1 2
Sample size	< 80% units ≥ 80% units	Number of ecologic units included in the analysis as proportion of the total number of units, e.g. 119 countries of a total of 180 worldwide would be 66%.	0 1
Unbiased inclusion of units	No Yes	Were the units included representative of the group for which inferences are being drawn? For example, for worldwide inferences, inclusion of only developed countries would be biased.	0 1
Level of data aggregation	Other than below Regional, State National	Population to which the units refer to. "Other" may be: city, race groups.	1 2 3
Level of inference	Individual or unclear Ecologic	Use of the results of the analysis of the study's sample data to draw inferences for individuals or groups (ecologic).	0 1
Pre-specification of ecologic units	No Yes	Where the ecologic units selected to suit the hypothesis? (as opposed to selection motivated by convenience or necessity)	0 1
Outcomes of interest included	Some All	Inclusion of all relevant outcomes (i.e. maternal and neonatal mortality and morbidity) or only of some outcomes.	1 2
Source of data	Inadequate Adequate	Validity of the sources of data to represent the level that it refers to (e.g. the CS rate for one single hospital in one city would be an inadequate source of data to represent the national CS rate).	0 1

STATISTICAL METHODOLOGY (max=6)			
Analytic methodology	Spearman's rank correlation, Linear least square regression models, Quadratic model, Exponential model, LOWESS, Fractional polynomial regression Piecewise regression,	All statistical methods are acceptable as long as they are used appropriately. We assign a score based on the sophistication and flexibility of the method. 1 = Spearman's rank correlation, Linear least square regression models, Quadratic model, Exponential model 2 = LOWESS, Fractional polynomial regression, Piecewise regression,	1 2
Validity of regression	No Yes	Did the adjustment have at least 10 units per covariate?	0 1
Use of covariates	<del>None</del> Socio-economic Socio-economic + clinical	Authors adjusted the analysis for desirable variables or not. Examples of socio-economic covariates: GDP or HDI. Examples of clinical covariates: proportion of women with diabetes or hypertensive disorders or BMI.	0 1 2
Proper adjustment for covariates (yes)	No Yes	Are the outcomes standardized or adjusted for certain factors before model adjustment? For standardized or adjusted outcomes, the standardized or adjusted factors should be included in the adjustment model. If standardized/adjusted outcomes are not used, this criterion is considered to have been met.	0 1
QUALITY OF REPORTING (max=3)			
Statement of study design (yes)	No Yes	Did the authors present key elements of study design in the paper?	0 1
Justification of study design (yes)	No Yes	Did the authors justify the ecologic analysis, the rational and the specific objectives, including any prespecified hypotheses?	0 1
Discussion of cross-level bias and limitations (yes)	No Yes	Did the authors caution readers about the limitations of the ecologic design, the ecologic fallacy, the impossibility of extrapolating to a different level?	0 1

**Anexo 7. Artículos excluidos por lectura completa y evaluación de calidad metodológica.**  
 Fuente: elaboración propia.

Artículo	Base de datos	Motivo de exclusión
Vector-borne diseases in a warmer world: Will they stay or will they go?	BVS	Puntuación de 9 en la lista de verificación de Dufault et al. para estudios ecológicos.
Climate Change and infectious Diseases: The Next 50 Years	PubMed	Puntuación baja tras aplicación de evaluación de calidad metodológica Lectura Critica 3.0. (opinión de expertos)

Climate change and infectious diseases: What can we expect?	BVS	Puntuación baja tras aplicación de evaluación de calidad metodológica Lectura crítica 3.0. (opinión de expertos)
Outbreaks caused by <i>Aedes aegyptis</i> due to El Niño in a coastal area of Peru	PubMed	Puntuación baja tras aplicación de evaluación de calidad metodológica Lectura Crítica 3.0.
The dengue epidemic and climate change in Nepal	PubMed	Puntuación baja tras aplicación de evaluación de calidad metodológica Lectura Crítica 3.0. (comentario de revista)
Threats of Zika virus transmission for Asia and its Hindu-Kush Himalayan region	BVS	Puntuación baja tras aplicación de evaluación de calidad metodológica Lectura Crítica 3.0. (opinión de expertos)