

Impacto del cambio climático en los vectores *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* y su importancia en su distribución geográfica en Colombia

Impact of climate change on the vector *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* and importance in the geographical distribution in Colombia

Sánchez Amézquita Abelgie Camila¹, Posada Buitrago Martha Lucía, PhD²

Recibido: 08 de mayo de 2021

Aceptado: 28 de junio de 2022

Resumen

El cambio climático provoca variaciones principalmente en el clima y las precipitaciones; trae repercusiones para todo tipo de vida, afecta los ecosistemas y cambia el comportamiento de muchas especies. Así mismo, afecta el ciclo de vida de vectores de importancia epidemiológica, influye en la distribución de enfermedades infecciosas, y afecta el comportamiento de hospederos intermediarios. Países que se encuentran en el Trópico poseen enfermedades de gran importancia en la salud pública, ya que son transmitidas principalmente por vectores, entre ellos, los mosquitos *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*, de gran importancia mundial, presentes en Colombia y responsables de transmitir enfermedades arbovirales como el dengue, el chikungunya y el zika. El cambio climático afecta el tiempo de vida del mosquito, la alimentación de la hembra, la distribución geográfica, la distancia de vuelo, el ciclo de vida del virus, etcétera; por lo tanto, es importante conocer las condiciones climáticas que favorecen o no la presencia de este vector en el país, y conocer los posibles escenarios futuros que este cambio climático puede ejercer y así prevenir brotes o epidemias de estas enfermedades. Para ello, se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura, mediante criterios de inclusión y búsqueda de artículos de revisión, originales de investigación, libros, circulares

¹ Estudiante del programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

² PhD. Maestría en Microbiología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Correspondencia: abelgiecsanchez@unicolmayor.edu.co - mlposada@unicolmayor.edu.co

de información y reportes epidemiológicos en las bases de datos PubMed-NCBI, Scopus, Elsevier, Oxford, Google Academics, entre otras.

Palabras claves: cambio climático, temperatura, distribución geográfica, *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, arbovirus.

Abstract

Climate change causes changes mainly in climate and rainfall, has repercussions for all types of life, affects ecosystems, and changes the behavior of many species; Likewise, it affects the life cycle of vectors of epidemiological importance, influences the distribution of infectious diseases, and affects the behavior of intermediate hosts. Countries that are in the Tropics have diseases of great importance in public health since they are transmitted mainly by vectors, including the *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes, which are vectors of great global importance and are found in Colombia, and they are responsible for transmitting arboviral diseases such as dengue, chikungunya, and Zika, with dengue being the arboviral disease with the greatest impact in the country. Climate change affects the lifespan of the mosquito, the feeding behavior of the female, the geographical distribution, the flight distance, the life cycle of the virus, and so on; therefore, it is important to know the climatic conditions that favor or not the presence of this vector in the country and to know the possible future scenarios that this climate change may exert and thus prevent outbreaks or epidemics of these diseases in the future. For this, a systematic literature review was carried out, meeting the proposed inclusion criteria by searching for review articles, research articles, books, information circulars, and epidemiological reports in the PubMed-NCBI, Scopus, Elsevier databases, Oxford, Google Academics, among others.

Keywords: climate change, temperature, geographical distribution, *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, arbovirus.

Introducción

El cambio climático ha intervenido en el ciclo de vida de organismos que producen enfermedades tropicales desatendidas, influye en los parásitos, los vectores y en los hospederos zoonóticos; parte de la premisa que los aerosoles de efecto invernadero producidos en la industria, la ganadería, el aumento del consumo de recursos, el aumento de viajes y comercio, etc., han incrementado la temperatura global de la superficie, lo que tendrá repercusión en el ciclo del agua y los ciclos biogeoquímicos (1). El aumento de la temperatura ha producido el derretimiento del hielo en el planeta, ha incrementado el nivel del mar y su temperatura ha aumentado, por lo que ha afectado el ciclo del agua; en las regiones tropicales y subtropicales del planeta, ha disminuido la humedad y ha aumentado la evaporación, así mismo, el clima y la temperatura influyen en enfermedades de carácter infeccioso (2); por lo que tiene un impacto en la salud pública por el aumento en la distribución de vectores (3). *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* son vectores de gran importancia, ya que son los responsables de transmitir enfermedades arbovirales a nivel mundial como Dengue, Zika, Chikungunya, entre otras, y su distribución ha venido cambiando tanto por el clima como por el movimiento humano (4), lo que representa un problema actual y potencialmente a futuro principalmente en países tropicales como Colombia, don-

de el cambio climático afectará y modificará la distribución geográfica de estos vectores y se espera que sea la zona Andina la más afectada por el incremento de la temperatura y la precipitación, lo que podría dar lugar a un incremento de estos vectores y sus enfermedades (2, 5), sin embargo, la expectativa en el territorio colombiano es una disminución geográfica de la distribución de estos vectores en los departamentos más afectados en la actualidad, pero con un incremento en territorios que hoy día no presentan gran incidencia de enfermedades arbovirales (6). Actualmente hay indicadores que permiten la vigilancia entomológica de estos vectores en el país (7), sin embargo, no existen mapas de riesgo de la distribución de los vectores en Colombia teniendo en cuenta variables como temperatura y precipitaciones, lo que podría dificultar las predicciones de brotes o epidemias a causa de arbovirus conocidos o de otros arbovirus como los virus Mayaro, Usutu, Sindbis y el virus del Nilo Occidental (8), entre otros arbovirus que se pueden convertir en enfermedades emergentes y/o reemergentes en nuestro territorio y pueden representar una gran amenaza para la salud pública.

Métodología

Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva, en la cual fueron consultadas las bases de datos NCBI, Scopus,

El-sevier, Oxford, Springer Nature y Google academics utilizando las palabras clave "cambio climático", "temperatura", "precipitación", "*Aedes aegypti*", "*Aedes albopictus*", "Arbovirus", "Colombia" y "Distribución geográfica" y los operadores booleanos "AND" y "OR", con un rango de búsqueda de 5 años y el criterio de inclusión implicaba presentar en el resumen las especies de mosquitos mencionadas y el clima o la temperatura. La búsqueda arrojó 215 artículos, se excluyeron los artículos que no cumplieran con estos criterios dejando un total de 65 documentos de interés que cumplieran con los criterios de inclusión. Sólo se tuvo en cuenta información proveniente de artículos de investigación, artículos de revisión, libros, circulares de información y reportes epidemiológicos. Los artículos seleccionados se guardaron y organizaron en el software Mendeley Desktop para posteriormente incluirlos en las citas y bibliografía.

Cambio climático y proyecciones RCP

El cambio climático se desprende del cambio global, afectando procesos del funcionamiento normal de la tierra, y aunque los cambios globales han existido desde siempre (desde el principio de la tierra), se ha considerado un evento nuevo la velocidad con la que estos cambios se están llevando a cabo. El clima está determinado por condiciones ambientales como la temperatura y las

precipitaciones (lluvia, llovizna, nieve, granizo) en intervalos de tiempos largos, y el ser humano es la única especie responsable de las alteraciones de este.

Aunque la tierra tiene mecanismos de regulación de los cambios en la atmósfera, hidrósfera o litósfera, este equilibrio se pierde por la intervención del ser humano; por ejemplo, la deforestación permite que haya una mayor reflexión de la radiación solar, lo que aumenta la temperatura del suelo y promueve la desertificación, además que promueve la formación de hollín, que también ejerce un calentamiento en la atmósfera y aumenta la concentración de CO₂, que es uno de los principales responsables del efecto invernadero (9).

Las enfermedades tropicales son aquellas que se encuentran entre el trópico de Cáncer y el trópico de Capricornio, estas zonas poseen un clima cálido y húmedo que es el ideal para que los vectores tengan su ciclo vital y puedan transportar diferentes agentes infecciosos (10). Colombia se encuentra entre estos dos trópicos, por lo que su población desarrolla con frecuencia diversas enfermedades infecciosas transmitidas por vectores (ETVs), sin embargo, estas enfermedades no se encuentran en todos los departamentos del país, dado que dependen de un clima cálido y húmedo. No obstante, este escenario puede cambiar con el tiempo, ya que según el IDEAM en su 3ra Comunicación Nacio-

nal de Cambio Climático (11), "En la mayoría de las regiones habrá más episodios relacionados con extremos de altas temperaturas y menos relacionados con extremos de bajas temperaturas" (p. 24). La temperatura de Colombia está representada en pisos térmicos, definidos por la altitud, es decir, a mayor altitud menor temperatura, como se muestra en la Tabla 1. Por otro lado, se estima que en Colombia habrá un incremento de temperatura de 0.7 - 1°C entre 2011 - 2040 de acuerdo con las diferentes proyecciones de la IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) con respecto al periodo anterior 1976-2005 (11).

Tabla 1. Temperatura de Colombia de acuerdo con los pisos térmicos según su altitud sobre el nivel del mar.

Piso térmico	Temperaturas
Cálido	Mayor a 24°C
Templado	18 - 24°C
Frío	12 - 18°C
Muy frío	6 - 12°C
Subpáramo	3 - 6°C
Páramo	1,5 - 3°C
Nival	Menor a 1,5°C

Fuente. 3ª Comunicación Nacional de Cambio Climático, IDEAM 2015 (11).

Estas proyecciones climáticas se hacen por medio de modelos del sistema Tierra, donde se evalúa la concentración y emisión de CO₂, según algunas variables futuras como la población, contexto social, ambiental y época. En el

2009 se implementaron los escenarios RCP (Representative Concentration Pathways), los cuales evalúan cuatro rutas de concentración de CO₂: 8.5, 6.0, 4.5 y 2.6 W/m², de acuerdo con las variables pronosticadas el escenario RCP 8.5, el CO₂ logra su equilibrio a mediados del siglo XXIII, según el RCP 6.0 lo consigue a mediados del siglo XXII, según el RCP 4.5 a mediados del siglo XXI y el RCP 2.6 presenta un recorrido decadente del CO₂ suponiendo que se tomaran medidas drásticas para evitar las emisiones; por lo tanto, el escenario más trágico es el RCP 8.5 y el más alentador el 2.6 (7). Con base en estos escenarios RCP, en Colombia para los años 2041-2070 se presentaría un aumento de 1,2°C en el RCP 2.6, un aumento de 1,5°C en el RCP 4.5 y 6.0, y para el escenario 8.5 habría un incremento de 2,3°C (11).

Aedes aegypti y clima

El mosquito *Aedes aegypti* presenta 4 etapas en su ciclo de vida: huevo, larva, pupa (etapas inmaduras que tienen lugar en el agua o cerca de ella) y el adulto -la etapa madura- que emprende vuelo. Las larvas se alimentan de materia orgánica y de algunos microorganismos presentes en el agua, la pupa no se alimenta y el adulto se alimenta de sangre; la tasa de éxito de pasar del estadio de pupa a adulto es del 83% aproximadamente (12). Al ser poiquilotermos, la temperatura corporal no es constante,

por lo que dependen de la temperatura ambiental para sobrevivir, sin embargo, han desarrollado tácticas para evitar el estrés ambiental, por ejemplo, con proteínas de choque térmico o cambiando su conducta (13).

En Colombia, *Aedes aegypti* junto a *Aedes albopictus* son vectores de importancia epidemiológica, ya que transmiten los arbovirus Dengue, Chikungunya, Zika y el causante de la fiebre amarilla, los cuales se pueden ver afectados por el cambio climático dada que la alteración estacional, la migración, la abundancia y las interacciones entre especies; así mismo, por el rápido crecimiento de la población humana y su respuesta inmune, la urbanización, los viajes y el comercio internacional (4, 14, 15). Los mosquitos están condicionados por la temperatura y la precipitación, por lo tanto, el cambio climático puede alterar a futuro el rango geográfico de la presencia del vector en el país (16). Sin embargo, la temperatura también tiene otras repercusiones en los mosquitos *Aedes aegypti*, por ejemplo, el tamaño corporal disminuye, y aumenta la supervivencia a medida que aumenta la temperatura (17); el mosquito adulto tiene una mayor tasa de supervivencia a los 20 y 27°C, una menor supervivencia a 15°C, las pupas no sobreviven a menos de 14°C (17), y la temperatura ideal es similar a la de los huevos de *A. aegypti*, entre 15 y 34°C (18); el adulto *A. aegypti* se vuelve inerte y pierde movilidad a temperaturas infe-

riores a 10°C, lo cual repercute en la reproducción de este, haciendo que tenga un metabolismo disminuido (6, 12, 19). El vuelo de la hembra es sostenible a temperaturas entre 15-32°C, pierde su rendimiento y se acorta el vuelo en temperaturas extremas menores a 10°C y superiores a 35°C, lo que permite que el mosquito pueda permanecer activo en las horas de la madrugada y la noche; la temperatura ideal del mosquito está entre 21°C y 27°C; mientras que la ingesta de sangre es más rápida entre los 26 y 35°C (13, 20); con respecto a lo anterior, es importante tener en cuenta que a éstas temperaturas el mosquito estará más activo y, por lo tanto, buscará de forma más eficiente sus huéspedes para alimentarse. Si la temperatura supera los 30°C, la capacidad reproductiva de los adultos se ve afectada, y temperaturas superiores a los 32°C pueden impactar negativamente la transmisión del virus del dengue y su estructura, así mismo, la hembra *A. aegypti* debe sobrevivir el tiempo suficiente para que el virus complete su ciclo (periodo de incubación extrínseca, PIE), ya que la temperatura repercute el periodo que necesita el virus desde que entra al zancudo, se replica en el intestino, y llega a la hemolinfa hasta que se dispersa en las glándulas salivales del vector, donde el PIE puede tardar de 5–33 días a 25°C y de 2–15 días a 30°C (16)(20-25); de modo que, las hembras digieren más sangre y de forma más rápida, por lo que hay más posibilidades de transmitir enfermedades;

sin embargo, temperaturas superiores a 34°C tienen repercusiones negativas para el vector y el virus (26).

Los huevos se depositan por encima del agua y pueden soportar temperaturas bajas y desecación hasta por un año, la eclosión se da cuando el huevo es cubierto de agua y puede ser de 2 a 3 días en temperaturas entre 27 y 29°C, y de 4 a 5 días a temperaturas de 25-26° (12, 27).

Los mosquitos necesitan lugares con precipitaciones, ya que aumenta la disponibilidad de acuíferos que son importantes para su ciclo de vida (21, 28), sin embargo, dada la gran variedad estacional en Colombia, el comportamiento de la precipitación es muy cambiante. Los lugares de reproducción de los vectores mejoran y aumentan cuando se incrementan las precipitaciones (19), también aumenta la disponibilidad de sitios de descanso para el mosquito cuando incrementa la vegetación, por lo que el mosquito se ve favorecido en periodos de inundaciones e intensas lluvias; la deficiencia en servicios de cobertura de agua y alcantarillado hace que las personas tengan que almacenar agua de lluvia en contenedores durante periodos prolongados de tiempo, aumentando el riesgo de reproducción del vector; factores culturales y costumbres de la población también se ven implicados en el almacenamiento de agua (12, 19, 21, 26, 29), demostrado con *Aedes albopictus* en

Yopal, Casanare; donde uno de los mayores reservorios eran los tanques, los baldes y llantas de caucho que contenían agua (30). La humedad es otro factor que influye en la supervivencia del mosquito (25), debido a que a medida que disminuye la humedad, incrementa la pérdida de agua corporal en los mosquitos adultos y en los huevos, el contenido de agua corporal de un mosquito de este género puede ir de 40-90%, y puede perder su contenido de agua hasta en un 40% antes de morir; poca humedad también se relaciona con la pérdida de acuíferos por evaporación (24), por lo que la mortalidad del mosquito aumenta en regiones secas.

A. aegypti, se encuentra en su periodo larvario principalmente en contenedores de agua, debido a esto, se consideran mosquitos altamente domésticos, presentes en zonas urbanas que se alimentan casi exclusivamente de los humanos, por lo que tiene un alto impacto en la salud pública (28).

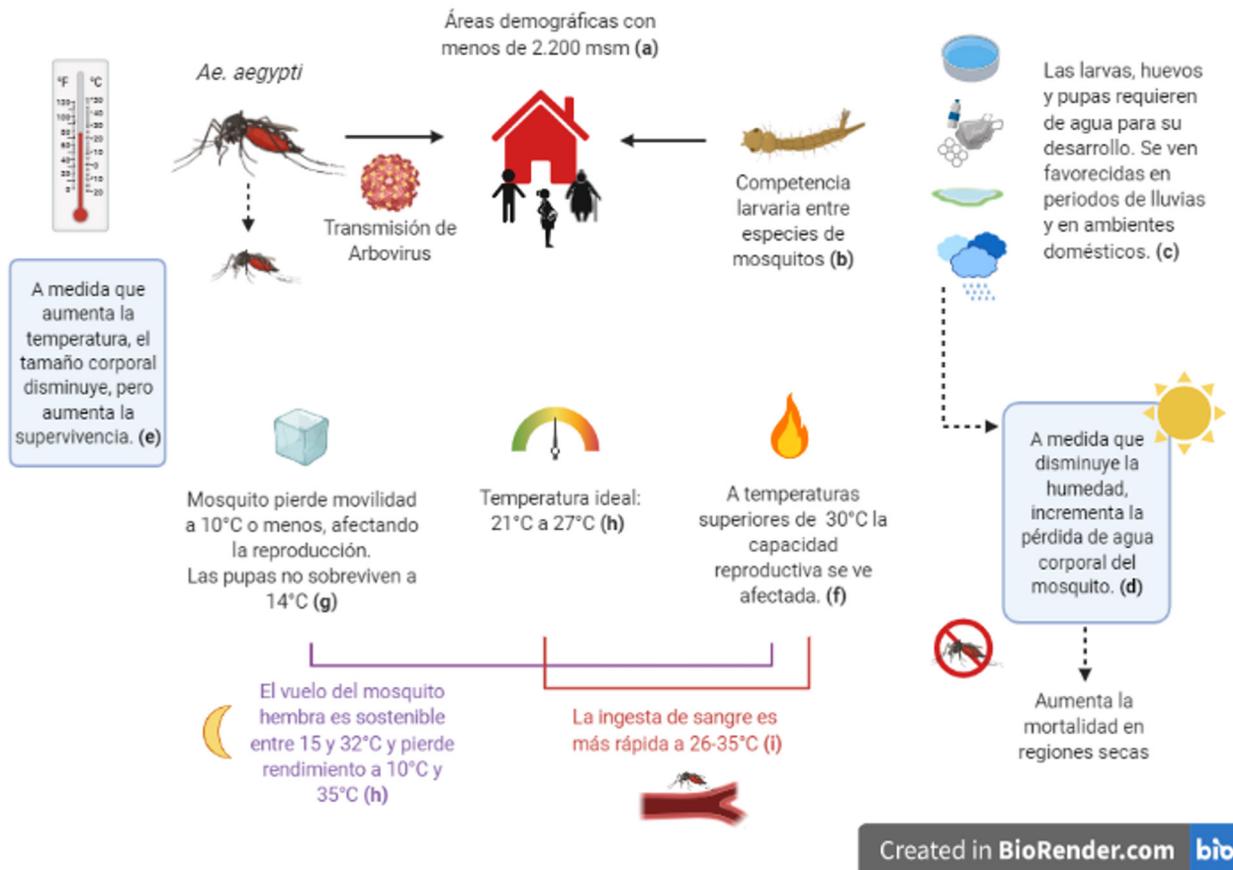


Figura 1. Condiciones bióticas y abióticas que afectan el crecimiento, reproducción y ciclo de vida del vector *Ae. aegypti*. (Las autoras) (a) En áreas demográficas con menos de 2200 msnm se puede encontrar el vector *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* (44), así mismo, (b) aumentando la competencia larvaria entre especies de mosquitos (29, 30); (c) el ciclo de vida del mosquito depende del agua, por lo que se verá favorecido en periodos con precipitaciones y en lugares domésticos con agua estancada (7, 15, 17, 22, 25). (d) En sitios demográficos con características secas o de baja humedad, incrementa la mortalidad del vector (20), también, (e) a medida que la temperatura aumenta, el tamaño corporal del mosquito disminuye, pero aumenta la supervivencia (13); sin embargo, (f) si la temperatura es superior a los 30°C, la capacidad reproductiva se ve afectada (12, 16-21), y (g) pierde movilidad con temperaturas inferiores a 10°C, afectando también la supervivencia de las pupas (7, 13-15). (h) La temperatura ideal del mosquito se ubica entre 21°C y 27°C (9, 16), (i) por lo que la ingesta de sangre es más rápida y tiene mayor probabilidad de infectar e infectarse (8, 16).

Aedes aegypti y *Aedes albopictus*

Ae. aegypti formosus, forma ancestral zoofílica de *Ae. aegypti*, se introdujo a América proveniente de África probablemente durante el comercio de esclavos, y se extendió a zonas tropicales y subtropicales (31), mientras que *Ae. albopictus* tiene una procedencia asiática y se extendió a islas en los Océanos Pacífico e Índico; en la actualidad ambas especies se en-

cuentran en América, Asia, África y Europa (28). *Ae. aegypti* tiende a reproducirse en áreas urbanas y prefiere vivir en interiores (endofílico - endofágico), por lo que se alimenta casi exclusivamente de sangre humana en horas diurnas; mientras que *Ae. albopictus* se encuentra en áreas rurales y suele vivir al aire libre (exofílico/endofílico - exofágico) y se alimenta de sangre de humanos de forma oportunista, ya que generalmente consume

sangre de diversos animales de sangre fría y caliente (13, 31), por lo anterior, *Ae. aegypti* es el principal vector de enfermedades arbovirales, seguido por *Ae. Albopictus* (32).

Otro aspecto importante sobre el comportamiento de estos zancudos es la competencia larvaria entre las especies de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*, las cuales se pueden encontrar ubicadas en las mismas áreas geográficas y pueden coexistir debido a que comparten nichos ecológicos. Un estudio realizado en Medellín, Colombia, llegó a la conclusión que en algunos casos la coexistencia de estas dos especies puede desembocar en un remplazo competitivo de *Ae. aegypti* por *Ae. albopictus*, o lo contrario, debido a que la hembra de *Ae. albopictus* busca preferentemente hacer oviposición en lugares donde ya haya larvas de otros zancudos (33), lo que podría darle la ventaja en competencia larvaria (34). Lo anterior tiene grandes implicaciones en la salud pública, ya que el crecimiento de la población de una especie sobre otra puede afectar la salud humana, debido a su comportamiento de transmisión y alimentación diferencial, además, del favorecimiento no por la temperatura y la precipitación, y las diferencias inmunológicas que pueden presentar en el huésped de acuerdo con cada virus (31, 35). Por consiguiente, la propagación y la intensidad de las enfermedades arbovirales se ven alteradas por un cambio en la abundan-

cia de especies (33). El aumento de la competencia larvaria, asociada en parte a la pérdida de sitios de desarrollo para el vector como acuíferos, puede disminuir el tamaño de las hembras del género *Aedes* y, por lo tanto, la capacidad vectorial (24).

Chikungunya, Zika y su epidemiología

El virus Chikungunya (CHIKV) pertenece a la familia *Togaviridae*, del género *Alphaviridae*, grupo *Baltimore IV* (ARN de cadena sencilla en sentido positivo), icosaédrico y envuelto, con un genoma de 11,8 kb (36); hace parte de los arbovirus de importancia epidemiológica en las regiones tropicales, infectando a más de un millón de personas al año y causando afecciones a largo plazo como artritis y artralgia debilitante, con potencial para afectar la economía mundial (37, 38). La enfermedad se denomina *chikungunya*, ya que es un término *Makonde* que significa "aquello que se dobla", dando alusión a la artralgia que presentaban algunos pacientes con la infección, debido a que el virus infecta la cápsula articular, el músculo, células satélite y fibroblastos de la dermis, además de los macrófagos (37).

Esta enfermedad cursa por tres etapas: aguda, subaguda y crónica; la primera etapa tiene un periodo de 2 a 10 días, la segunda de 10 días a 3 meses, y la última tiene una fase de tres meses a años (39). En comparación con DENV,

que puede ser asintomático; el CHIKV, es sintomático en la mayoría de los casos, presentando fiebre y síntomas similares a los del DENV y el Zika (37), la aparición de fiebre alta después del periodo de incubación de 4 a 7 días tiene mayor afectación en infantes y personas de la tercera edad; hay presencia de dolor en las articulaciones, afectación ocular, cardíaca y neurológica (38). En Colombia, hasta la fecha, el año más afectado por CHIKV fue el 2014 (año en que llegó el virus al país), con un total de afectados de 106.592, con principal repercusión en Cúcuta, Cartagena y Sincelejo, y presentándose en 478 municipios (40); en 2020, hasta la semana 40 se reportaron tan solo 154 casos de chikungunya en el país (41), y se reportaron hasta la semana 53 de 2020 un total de 29 casos en Cundinamarca (42), siendo el departamento más afectado por este virus. Aunque el número total de casos ha disminuido en el territorio colombiano, se presenta el mayor impacto en un departamento que para el año 2014 no se encontraba entre los departamentos afectados por CHIKV.

Otro arbovirus de importancia epidemiológica es el virus Zika (ZIKV), pertenece a la familia *Flaviviridae*, género *Flavivirus*; grupo Baltimore IV (ARN monocatenario en sentido positivo), con un genoma de tamaño aproximado de 10,8 kb; posee una estructura icosaédrica y es envuelto (43). Se aisló por primera vez de un mono Rhesus en 1947 en un bos-

que de Uganda llamado Zika, el virus se puede transmitir de persona a persona por transfusiones sanguíneas o trasplantes de órganos, vía perinatal, vía sexual, por picaduras de zancudos del género *Aedes* y de forma zoonótica, ya que el virus tiene reservorios en primates no humanos (44). La mayoría de los casos de Zika son asintomáticos, sin embargo, los síntomas pueden comenzar después de un periodo de incubación de 3 a 14 días, y duran de 2 a 7 días, la persona puede presentar fiebre leve, dolor de cabeza, erupción cutánea, dolor articular y muscular, y síntomas gastrointestinales como diarrea, estreñimiento, dolor abdominal y anorexia; rara vez se presentan síntomas graves neurológicos y, durante el embarazo el neonato puede presentar microcefalia y la madre puede tener parto prematuro o aborto (45, 46). El virus llegó a Colombia en el 2015, y en este año comenzó la epidemia hasta el 2016, con 20.297 casos en 30 entidades territoriales del país (47). Con respecto a lo anterior, para la semana epidemiológica 40 de 2020 se presentaron 160 casos de Zika, con un incremento en Boyacá y Caquetá (41) y se presentaron 16 casos de Zika en Bogotá hasta la semana epidemiológica 53 de 2020 (42). El ZIKV es el menos estudiado con respecto a los arbovirus DENV y CHIKV.

Dengue y su epidemiología

El dengue es una enfermedad viral febril aguda sistémica, transmitida por

la picadura de mosquitos *Aedes aegypti* principalmente, y en menor medida por *Ae. albopictus* (48, 49), producida por el arbovirus del dengue (DENV), que pertenece a la familia *Flaviviridae* (50), grupo Baltimore IV (RNA cadena sencilla, sentido positivo) de 11 kb y de forma icosaédrica (22). Hasta la fecha han sido reportados 4 serotipos del virus del dengue (27), los cuales han sido encontrados en América, la infección continua de dos serotipos diferentes de dengue es un factor de riesgo para adquirir dengue grave (50). Es la enfermedad arboviral de mayor distribución mundial comparada con el Chikungunya, el Zika, fiebre del Valle del Rift y la fiebre amarilla, pues se ha reportado en 111 países tropicales y subtropicales (3), la prevalencia de la infección por DENV se calcula en 3900 millones de personas que corren riesgo anualmente (27, 51, 52).

La enfermedad puede cursar de forma asintomática o sintomática. Según la OMS, se clasifica en dengue sin signos de alarma, dengue con signos de alarma y dengue grave, como se muestra en la figura 2 (53). Es una enfermedad de impacto epidemiológico, social y económico, con tendencia a incrementar con el tiempo, debido a un aumento de infestación de *Aedes aegypti* en más de un 90% en áreas geográficas con menos de 2.200 msnm. En Colombia, la tasa de letalidad por dengue grave pasó de 1.3% en 1999 a 19% en el año 2016, y según la OMS la tasa de letalidad no debería

ser superior al 2%, ya que es una enfermedad prevenible en un 98% (48). Los casos probables de dengue en el 2020 en Colombia para la semana epidemiológica 07 de 2020, fueron 4.293 (54) y en la semana epidemiológica 53 de 2020 los casos probables de dengue fueron 681, y según el boletín epidemiológico del INS (semanas epidemiológicas: 01-53 de 2020), "en el sistema hay 78.979 casos, 38.836 (49,2%) sin signos de alarma, 39.246 (49,7%) con signos de alarma y 897 (1,1%) de dengue grave [...] las entidades territoriales de Valle del Cauca, Cali, Huila, Tolima, Santander, Cundinamarca, Meta, Cesar, Antioquia, Caquetá, Córdoba y Sucre aportan el 81,4% de los casos a nivel nacional" (55). Es importante enfatizar en la propagación y en el incremento de los casos de dengue en Colombia, debido al contacto humano-vector; así mismo, promover las actividades de prevención en las diferentes comunidades afectadas, por medio de actividades lúdicas, educativas y culturales, para realizar chequeos semanales de larvas y mosquitos y dar a conocer los signos y síntomas diferenciales de las enfermedades arbovirales más representativas en el país (48, 51, 56).

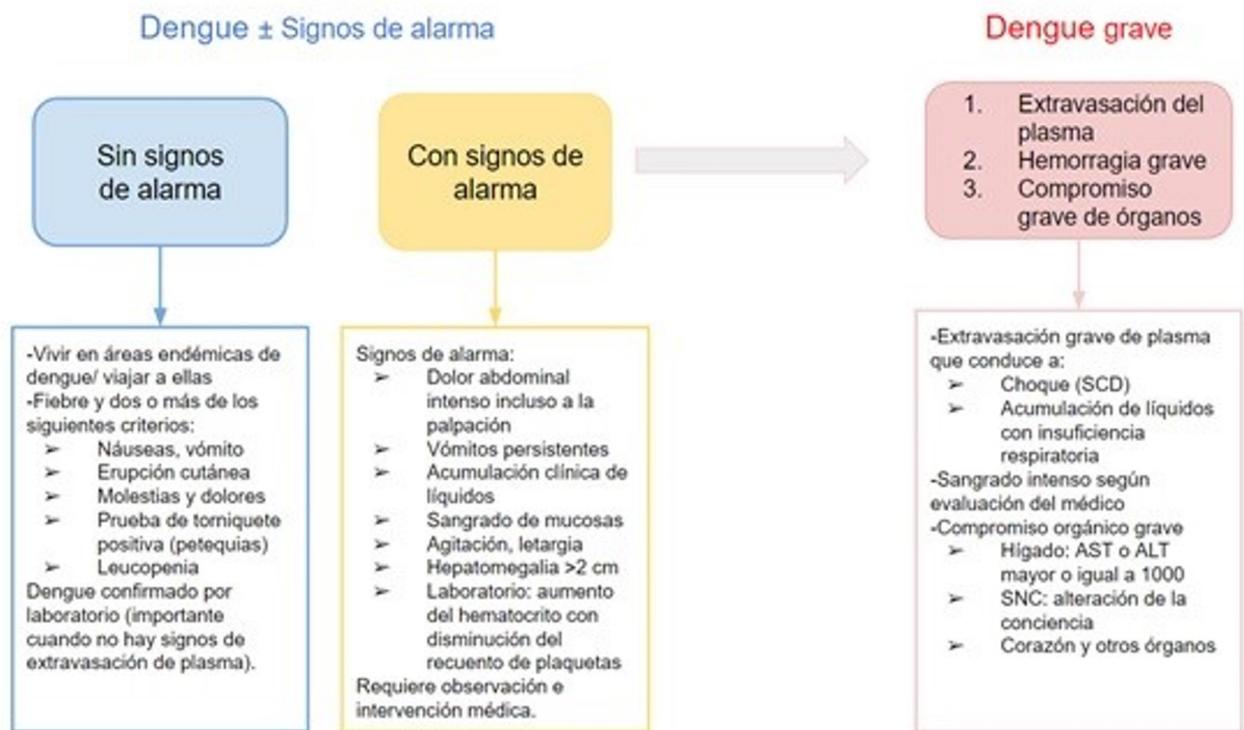


Figura 2. Clasificación de la enfermedad del dengue de acuerdo su gravedad. Fuente: OMS (53)

Cambio climático, *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en Colombia

Para tener una visión parcial del territorio que podría abarcar el mosquito *Aedes aegypti* en Colombia para los años 2050 - 2070, Portilla C, et al. realizaron un estudio presuntivo sobre los escenarios de cambio climático RCP 2.6, 4.5 y 8.5, donde determinaron que la distribución geográfica del mosquito para estos años disminuirá, con respecto a la distribución actual que es de aproximadamente 140 612.8 km² para 2050, se reducen a ~92 233, ~94 231.9 y ~94 670.7 km² bajo los escenarios climáticos RCP 2.6, 4.5 y 8.5 respectivamente, mientras que para

2070 bajo los mismos escenarios, las áreas de posible presencia son ~93 809.2, ~84 116.2 y ~87 985.8 km² (16), sin embargo, faltan más estudios en Colombia sobre la distribución de vectores (57) con respecto a los diferentes escenarios de cambio climático, ya que se podrían realizar mapas de riesgo futuro para tomar decisiones en la intervención de enfermedades transmitidas por vectores (3), aunque actualmente hay vigilancia entomológica en el país para *Ae. aegypti* por medio de indicadores (7, 58).

Como se mencionó anteriormente, los extremos de altas temperaturas inciden perjudicialmente a los mos-

quitos, por esta razón, la distribución geográfica para estos periodos de tiempo y para estos escenarios de cambio climático disminuiría en el territorio Colombiano, sin embargo, puede aumentar de manera drástica en otros territorios donde la incidencia del vector no era predominante, es así como para el año 2070 en el RCP 8.5 la distribución del mosquito *Aedes aegypti* será probablemente hacia el norte del país, mientras que en el escenario RCP 2.6 la distribución será posiblemente hacia el sur del país (16).

Se estima que para el año 2100 la temperatura en América Latina podría aumentar entre 1.5 a 5.5°C, con principal afectación en menor tiempo en la región Andina, haciendo que el calor aumente en países como Colombia, Ecuador y Perú, y un incremento en las precipitaciones de hasta un 30%, con un aumento a su vez de fenómenos como el Niño, que se duplicará a futuro por los cambios climáticos y el efecto invernadero (2, 5), por lo que podría favorecer la distribución del vector hacia zonas donde antes no estaba, y disminuir en zonas donde actualmente se ubica. Éste incremento en la temperatura y la sequía en la parte norte de Sur América durante el fenómeno del Niño, se ha asociado con una mayor transmisión del virus del dengue y otros arbovirus, puesto que la supervivencia de los mosquitos se ve favorecida y disminuye el

periodo de incubación extrínseca (5, 59, 60). Así mismo, las zonas costeras se verán afectadas debido al incremento de lluvias, aumento en el nivel del mar, inundaciones y sequías, lo que incrementaría el dengue en estas regiones (61). *Ae. albopictus*, para los años 2050 – 2070, en el escenario RCP 2.6, tendrá posiblemente una distribución geográfica similar a la actual en Colombia, con una prevalencia del 85% del territorio colombiano; la prevalencia de este mosquito podría disminuir equiparado con la actual, en departamentos como “Chocó, Valle del Cauca, Santander, Cauca, Vichada, Cesar, la Guajira, Bolívar y San Andrés y Providencia”; en el escenario RCP 8.5 el mosquito podría aumentar su rango altitudinal hasta 3200 msnm, también se esperaría que disminuyera su prevalencia geográfica en los departamentos más afectados actualmente, pero con una mayor distribución sobre la cordillera Andina, incluyendo el Altiplano Cundiboyacense, y la Sierra Nevada de Santa Marta (6), lo cual se puede explicar debido a la latencia que tienen los huevos de *Aedes albopictus* en presencia de climas fríos (34), gracias a su plasticidad ecológica; así mismo, se espera que la saturación del nicho ecológico de *Ae. albopictus* sea entre 2030 y 2050, mientras que para *Ae. aegypti* se espera que la saturación de los nichos ecológicos sea alrededor de 2020; esta saturación puede ser estimulada por los

cambios ambientales, el cambio de hábitats, la urbanización y, principalmente, la temperatura; lo que pondría en riesgo aproximadamente a un 49% de la población mundial para el año 2050 por la transmisión de arbovirus por *Ae. aegypti* (20).

Según el World Bank Group, las proyecciones de cambio climático en el territorio colombiano en el escenario RCP 6.0, en el periodo de tiempo entre 2040 y 2059, la temperatura podría aumentar 1°C en la totalidad del país, y para el mismo periodo de tiempo pero en el escenario RCP 8.5, el incremento podría ser de 2°C, y este patrón de cambio se repite a nivel mundial (62).

Finalmente, un cambio en la distribución geográfica de estos vectores, gracias al incremento de la temperatura y otros factores, puede ocasionar que aumenten los casos de enfermedades causados por otros arbovirus como la fiebre del Valle del Rift, Ugan-da S o virus del río Ross, virus Usutu, virus del Nilo Occidental, virus Sindbis y el virus Mayaro, que también son transmitidos por vectores como *Ae. aegypti* (8, 20). El virus Mayaro se reportó por primera vez en Trinidad y Tobago, en 1954, aunque se encontraron evidencias de sueros positivos para el virus en 1904 y 1914, posteriormente se reportaron casos en la región amazónica y en varios países

de América Latina, incluyendo Colombia (63-65).

Conclusiones

En conclusión, el cambio climático está involucrado en la variación de la distribución geográfica de enfermedades transmitidas por vectores y en la afectación a la población en diferentes regiones. Por lo tanto, son de vital importancia para la salud pública la vigilancia entomológica y la investigación sobre *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*, sus posibles distribuciones geográficas con respecto a la temperatura y las precipitaciones en el territorio colombiano y sobre la distribución de arbovirus poco frecuentes o estudiados. Además, es fundamental educar a la comunidad con la ayuda de políticas públicas sobre las estrategias de prevención y control de vectores que a su vez contribuye a la prevención de enfermedades arbovirales. Tanto el concepto de una salud, que abarca la salud humana, animal, y ambiental, como el Objetivo de Desarrollo Sostenible 13 (ODS13), que plantea metas para mitigar el cambio climático, deben ser tenidos en cuenta para moderar futuras epidemias que involucran problemas sanitarios, sociales y económicos. Finalmente, es de gran importancia fortalecer las acciones presentes en el Plan Decenal de Salud Pública que busca la garantía al derecho a la salud, mejorar las condiciones de vida para

mitigar la carga de enfermedad y mantener cero tolerancia a la discapacidad evitable, mortalidad y morbilidad.

Referencias

1. Booth M. Climate Change and the Neglected Tropical Diseases. In: *Advances in Parasitology* [Internet]. Academic Press; 2018 [cited 2020 Sep 20]. p. 39–126. Available from: /pmc/articles/PMC7103135/?report=abstract
2. López-Latorre MA, Neira M. Influencia del cambio climático en la biología de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) mosquito transmisor de arbovirosis humanas. *Rev Ecuat Med Cienc Biol.* 2016;37(2):11–21.
3. Leta S, Beyene TJ, De Clercq EM, Amenu K, Kraemer MUG, Revie CW. Global risk mapping for major diseases transmitted by *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Int J Infect Dis* [Internet]. 2018 Feb 1 [cited 2020 Oct 12];67:25–35. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2017.11.026>
4. Kraemer MUG, Reiner RC, Brady OJ, Messina JP, Gilbert M, Pigott DM, et al. Past and future spread of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Nat Microbiol* [Internet]. 2019;4(5):854–63. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41564-019-0376-y>
5. Rao VB, Maneesha K, Sravya P, Franchito SH, Dasari H, Gan MA. Future increase in extreme El Niño events under greenhouse warming increases Zika virus incidence in South America. *npj Clim Atmos Sci* [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2020 Oct 28];2(1):1–7. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0061-0>
6. Echeverry-Cárdenas E, López-Castañeda C, Carvajal-Castro J, Aguirre-Obando OA. Potential geographic distribution of the Tiger Mosquito *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera: Culicidae) in current and future conditions for Colombia. *bioRxiv* [Internet]. 2020 Mar 13 [cited 2020 Dec 15];2020.03.13.990440. Available from: <https://doi.org/10.1101/2020.03.13.990440>
7. Ministerio de protección social I. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de Dengue [Internet]. [cited 2021 Oct 18]. Available from: https://www.paho.org/col/dmdocuments/Entomologia_DENGUE.pdf
8. Houé V, Bonizzoni M, Failloux A-B. Endogenous non-retroviral elements in genomes of *Aedes* mosquitoes and vector competence. *Emerg Microbes Infect* [Internet]. 2019 Jan 1 [cited 2021 Nov 3];8(1):542. Available from: /pmc/articles/PMC6455143/
9. Duarte C, Alonso S, Benito G et al. Cambio Global, Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra [Internet]. Madrid; 2006. 170 p. Available from: https://www.catarata.org/libro/cambio-global_45733/#:~:text=Carlos M.,Duarte&text=El cambio global se define,sus causas y sus consecuencias.
10. Buriticá OC. Cinco enfermedades tropicales en Colombia. 2015 [cited 2020 Sep 20];(June). Available from: https://www.researchgate.net/publication/279181550_Cinco_enfermedades_tropicales_en_Colombia
11. IDEAM, PNUD, MADS, DNP C. Escenarios de Cambio Climático para Precipitación y Temperatura para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Estudio Técnico Completo : Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Vol. 6, Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 2015. 4–7 p.

12. Simoy MI, Simoy M V., Canziani GA. The effect of temperature on the population dynamics of *Aedes aegypti*. *Ecol Modell*. 2015 Oct 4;314:100–10.
13. Reinhold JM, Lazzari CR, Lahondère C. Effects of the environmental temperature on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes: A review [Internet]. Vol. 9, *Insects*. MDPI AG; 2018 [cited 2020 Sep 29]. Available from: /pmc/articles/PMC6316560/?report=abstract
14. Kraemer MUG, Perkins TA, Cummings DAT, Zakar R, Hay SI, Smith DL, et al. Big city, small world: Density, contact rates, and transmission of dengue across Pakistan. *J R Soc Interface* [Internet]. 2015 Oct 6 [cited 2021 Jan 2];12(111). Available from: /pmc/articles/PMC4614486/?report=abstract
15. Semenza JC, Ebi KL. Climate change impact on migration, travel, travel destinations and the tourism industry [Internet]. Vol. 26, *Journal of Travel Medicine*. Oxford University Press; 2019 [cited 2021 Jan 2]. p. 1–13. Available from: /pmc/articles/PMC7107585/?report=abstract
16. Portilla Cabrera CV, Selvaraj JJ. Geographic shifts in the bioclimatic suitability for *Aedes aegypti* under climate change scenarios in Colombia. *Heliyon* [Internet]. 2020 Jan 1 [cited 2020 Sep 20];6(1). Available from: /pmc/articles/PMC6940634/?report=abstract
17. Rueda LM, Patel KJ, Axtell RC, Stinner RE. Temperature-dependent development and survival rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol* [Internet]. 1990 [cited 2020 Sep 20];27(5):892–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2231624/>
18. EISEN L, MONAGHAN A, LOZANO-FUENTES S, STEINHOFF D, HAYDEN M BP. The Impact of Temperature on the Bionomics of *Aedes (Stegomyia) aegypti*, With Special Reference to the Cool Geographic Range Margins [Internet]. *Entomological Society of America*. 2014 [cited 2021 Mar 31]. Available from: <https://academic.oup.com/jme/article/51/3/496/900461> by guest on 31 March 2021
19. Trewin BJ, Darbro JM, Zalucki MP, Jansen CC, Schellhorn NA, Devine GJ. Life on the margin: Rainwater tanks facilitate overwintering of the dengue vector, *Aedes aegypti*, in a sub-tropical climate. *PLoS One* [Internet]. 2019 Apr 1 [cited 2021 Jan 10];14(4). Available from: /pmc/articles/PMC6483192/?report=abstract
20. Mordecai EA, Cohen JM, Evans M V., Gudapati P, Johnson LR, Lippi CA, et al. Detecting the impact of temperature on transmission of Zika, dengue, and chikungunya using mechanistic models. Althouse B, editor. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet]. 2017 Apr 27 [cited 2021 Jan 9];11(4):e0005568. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pntd.0005568>
21. Peña-García VH, Triana-Chávez O, Mejía-Jaramillo AM, Díaz FJ, Gómez-Palacio A, Arboleda-Sánchez S. Infection rates by dengue virus in mosquitoes and the influence of temperature may be related to different endemicity patterns in three Colombian cities. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2016 Jul 21 [cited 2020 Oct 3];13(7):734. Available from: /pmc/articles/PMC4962275/?report=abstract

22. Zhang X, Sheng J, Plevka P, Kuhn RJ, Diamond MS, Rossmann MG. Dengue structure differs at the temperatures of its human and mosquito hosts. *Proc Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 2013 Apr 23 [cited 2020 Oct 3];110(17):6795–9. Available from: [/pmc/articles/PMC3637732/?report=abstract](#)
23. Rey FA. Dengue virus: Two hosts, two structures [Internet]. Vol. 497, *Nature*. Nature Publishing Group; 2013 [cited 2020 Oct 3]. p. 443–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s10393-013-0825-7>
24. Schmidt CA, Comeau G, Monaghan AJ, Williamson DJ, Ernst KC. Effects of desiccation stress on adult female longevity in *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* (Diptera: Culicidae): results of a systematic review and pooled survival analysis. *Parasit Vectors* [Internet]. 2018 Dec 25 [cited 2020 Sep 20];11(1):267. Available from: <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-018-2808-6>
25. Benitez M, Cortes M, Eg M, Vh G, Díaz M, Biólogo B 3. Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito *Aedes spp* y la transmisión del virus del dengue [Internet]. 2018 [cited 2021 Jan 12]. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/cesm/v33n1/0120-8705-cesm-33-01-42.pdf>
26. Githeko AK, Lindsay SW, Confalonieri UE, Patz JA. Climate change and vector-borne diseases: A regional analysis. *Bull World Health Organ* [Internet]. 2000 [cited 2020 Sep 20];78(9):1136–47. Available from: [/pmc/articles/PMC2560843/?report=abstract](#)
27. Shabbir W, Pilz J, Naeem A. A spatial-temporal study for the spread of dengue depending on climate factors in Pakistan (2006-2017). *BMC Public Health* [Internet]. 2020 Jun 25 [cited 2021 Jan 2];20(1):995. Available from: [/pmc/articles/PMC7318413/?report=abstract](#)
28. Kraemer MUG, Sinka ME, Duda KA, Mylne AQN, Shearer FM, Barker CM, et al. The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. Albopictus*. *Elife* [Internet]. 2015 Jun 30 [cited 2020 Sep 20];4(JUNE2015). Available from: [/pmc/articles/PMC4493616/?report=abstract](#)
29. Marcondes CB, Contigiani M, Gleiser RM, Reisen W. Emergent and reemergent arboviruses in South America and the Caribbean: Why so many and why now? *J Med Entomol* [Internet]. 2017 May 1 [cited 2020 Oct 28];54(3):509–32. Available from: <https://academic.oup.com/jme/article/54/3/509/3056484>
30. Camacho-Gómez M, Zuleta LP. First report of *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse) in Orinoquia region of Colombia. *Biomedica* [Internet]. 2019 [cited 2021 Jan 12];39(4):785–97. Available from: [/pmc/articles/PMC7363339/?report=abstract](#)
31. Tsai PJ, Teng HJ. Role of *Aedes aegypti* (Linnaeus) and *Aedes albopictus* (Skuse) in local dengue epidemics in Taiwan. *BMC Infect Dis* [Internet]. 2016 Nov 9 [cited 2020 Sep 20];16(1). Available from: [/pmc/articles/PMC5103501/?report=abstract](#)
32. Overgaard HJ, Olano VA, Jaramillo JF, Matiz MI, Sarmiento D, Stenström TA, et al. A cross-sectional survey of *Aedes aegypti* immature abundance in urban and rural household containers in central Colombia. *Parasites and Vectors* [Internet]. 2017 Jul 27 [cited 2021 Jan 10];10(1):356. Available from: <http://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-017-2295-1>

33. Shragai T, Harrington L, Alfonso-Parra C, Avila F. Oviposition site attraction of *Aedes albopictus* to sites with conspecific and heterospecific larvae during an ongoing invasion in Medellín, Colombia. *Parasites and Vectors* [Internet]. 2019 Sep 18 [cited 2020 Sep 20];12(1):455. Available from: <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-019-3710-6>
34. Gamez S, Antoshechkin I, Mendez-Sanchez SC, Akbari OS. The developmental transcriptome of *aedes albopictus*, a major worldwide human disease vector. *G3 Genes, Genomes, Genet* [Internet]. 2020 Mar 1 [cited 2021 Jan 12];10(3):1051–62. Available from: [/pmc/articles/PMC7056973/?report=abstract](https://pmc/articles/PMC7056973/?report=abstract)
35. Lounibos LP, Kramer LD. Invasiveness of *aedes aegypti* and *aedes albopictus* and vectorial capacity for chikungunya virus. In: *Journal of Infectious Diseases* [Internet]. Oxford University Press; 2016 [cited 2020 Sep 20]. p. S453–8. Available from: [/pmc/articles/PMC5137242/?report=abstract](https://pmc/articles/PMC5137242/?report=abstract)
36. Cervantes G SH. Virus chikungunya: Características virales y evolución genética. *Salud Uninorte* [Internet]. 2016 [cited 2021 Jan 20];32:292–301. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/sun/v32n2/v32n2a11.pdf>
37. Vu D, Jungkind D, Desiree A. Chikungunya Virus [Internet]. Vol. 37, *Clinics in Laboratory Medicine*. W.B. Saunders; 2017 [cited 2021 Jan 20]. p. 371–82. Available from: [/pmc/articles/PMC5469677/?report=abstract](https://pmc/articles/PMC5469677/?report=abstract)
38. Ganesan VK, Duan B, Reid SP. Chikungunya virus: Pathophysiology, mechanism, and modeling [Internet]. Vol. 9, *Viruses*. MDPI AG; 2017 [cited 2021 Jan 20]. Available from: [/pmc/articles/PMC5744143/?report=abstract](https://pmc/articles/PMC5744143/?report=abstract)
39. INS. Boletín Epidemiológico Semanal, Chikungunya. 2018 [cited 2021 Jan 20]; Available from: <http://dx.doi.org/10.18004/ped.2015.abril.54-69>.
40. IQEN. Chikungunya en Colombia, año 2014 [Internet]. Bogotá; 2015 [cited 2021 Jan 21]. Available from: [https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/IQEN/IQEN vol 20 2015 num 5.pdf](https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/IQEN/IQEN%20vol%2020%202015%20num%205.pdf)
41. INS. BES. Semana epidemiológica 41, 4 al 10 de octubre de 2020 [Internet]. 2020 [cited 2021 Jan 22]. Available from: https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2020_Boletin_epidemiologico_semana_41.pdf
42. INS. BES, Semana epidemiológica 53, 27 de dic. de 2020 al 2 de enero de 2021 [Internet]. 2021 [cited 2021 Jan 22]. Available from: https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2020_Boletin_epidemiologico_semana_53.pdf
43. Sirohi D, Kuhn RJ. Zika Virus Structure, Maturation, and Receptors [Internet]. Vol. 216, *Journal of Infectious Diseases*. Oxford University Press; 2017 [cited 2021 Jan 22]. p. S935–44. Available from: https://academic.oup.com/jid/article/216/suppl_10/S935/4753686
44. Javed F, Manzoor KN, Ali M, Haq IU, Khan AA, Zaib A, et al. Zika virus: what we need to know? *J Basic Microbiol* [Internet]. 2018 Jan 1 [cited 2021 Jan 23];58(1):3–16. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/jobm.201700398>
45. Musso D, Gubler DJ. Zika virus. *Clin Microbiol Rev* [Internet]. 2016 Jul 1 [cited 2021 Jan 23];29(3):487–524. Available from: <http://cmr.asm.org/>

46. OMS. Enfermedad por el virus de Zika [Internet]. 2018 [cited 2021 Jan 23]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/zika-virus>
47. Rodríguez-Morales AJ, Willamil-Gómez WE. The challenge of Zika in Colombia and Latin America: An international health emergency. *Infectio* [Internet]. 2016 Apr 1 [cited 2021 Jan 25];20(2):59–61. Available from: <http://www.elsevier.es/es-revista-infectio-351-articulo-el-reto-zika-colombia-america-S0123939216000151>
48. INS. Protocolo de vigilancia en salud pública. Dengue, código: 210-220-580 [Internet]. 22-12-2017. 2017 [cited 2020 Sep 21]. Available from: <https://www.ins.gov.co/Noticias/Dengue/7. Dengue PROTOCOLO.pdf>
49. Patterson J, Sammon M, Garg M. Dengue, zika and chikungunya: Emerging arboviruses in the new world. Vol. 17, *Western Journal of Emergency Medicine*. eScholarship; 2016. p. 671–9.
50. OPS/OMS | Dengue: Información general [Internet]. [cited 2020 Sep 21]. Available from: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=4493:2010-informacion-general-dengue&Itemid=40232&lang=es
51. OMS. Dengue and severe dengue [Internet]. 2014 [cited 2021 Jan 2]. Available from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204161/Fact_Sheet_WHD_2014_EN_1629.pdf
52. OMS. Dengue y dengue grave [Internet]. 2020 [cited 2021 May 8]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>
53. OMS. Dengue. Guías para el diagnóstico, tratamiento, prevención y control [Internet]. 2009 [cited 2020 Sep 21]. Available from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44504/9789995479213_spa.pdf;jsessionid=D34C8142A67DF47FFAA761BC4BCD-8F64?sequence=1
54. Minsalud. Dengue [Internet]. 2020 [cited 2020 Sep 21]. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/Regiones/Paginas/Estadisticas.aspx>
55. Semanal BE. Semana epidemiológica 53 27 de dic. de 2020 al 2 de enero de 2021 [Internet]. 2020 [cited 2021 Jan 10]. Available from: https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2020_Boletin_epidemiologico_semana_53.pdf
56. UNICEF. Orientaciones para la comunidad educativa sobre Zika, Dengue y Chikungunya [Internet]. [cited 2020 Nov 4]. Available from: https://www.unicef.org/republicadominicana/Guia_Un_Mosquito_web.compressed.pdf
57. España G, Grefenstette J, Perkins A, Torres C, Campo Carey A, Diaz H, et al. Exploring scenarios of chikungunya mitigation with a data-driven agent-based model of the 2014–2016 outbreak in Colombia. *Sci Rep* [Internet]. 2018 Dec 1 [cited 2020 Oct 28];8(1):12201. Available from: www.nature.com/scientificreports/
58. Soto BL, Díaz A, Coordinador G, Salud G, Julio A, Rodríguez CP. DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD PÚBLICA GRUPO SALUD AMBIENTAL ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES MAURICIO SANTA MARIA SALAMANCA Ministro de Protección Social [Internet]. [cited 2020 Oct 12]. Available from: https://www.paho.org/col/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=publicaciones-ops-oms-colombia&alias=1215-gestion-para-la-vigilancia-entomologica-y-control-de-la-transmision-de-dengue&Itemid=688

59. Anyamba A, Chretien JP, Britch SC, Soebiyanto RP, Small JL, Jepsen R, et al. Global Disease Outbreaks Associated with the 2015–2016 El Niño Event. *Sci Rep* [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2020 Oct 27];9(1):1–14. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38034-z>
60. Cadavid JM, Rúa G, Campo O, Bedoya G, Rojas W. Cambios genéticos temporales y microgeográficos de *Aedes aegypti* en Medellín, Colombia. *Biomedica* [Internet]. 2015 [cited 2020 Dec 15];35(1):53–61. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572015000100008&lng=en&nrm=iso&tlng=es
61. Chadee DD, Martinez R. *Aedes aegypti* (L.) in Latin American and Caribbean region: With growing evidence for vector adaptation to climate change? *Acta Trop*. 2016 Apr 1;156:137–43.
62. World Bank Climate Change Knowledge Portal | for global climate data and information! [Internet]. [cited 2021 Apr 10]. Available from: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/colombia/climate-data-projections>
63. OPS. Cita sugerida: Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. Alerta Epidemiológica: Fiebre de Mayaro Alerta Epidemiológica Fiebre de Mayaro [Internet]. 2019 [cited 2021 Jan 9]. Available from: www.paho.org
64. Renato I, Carrasco Z, Lozano JC. Virus Mayaro: una nueva amenaza para el continente Americano. *medigraphic* [Internet]. 2017 [cited 2021 Jan 9];30:12–4. Available from: <http://www.medigraphic.com/rlip>
65. MINSALUD. ABECÉ de fiebre por virus de Mayaro ¿Qué es la fiebre por virus de Mayaro? [Internet]. 2016 [cited 2021 Jan 9]. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/VSP/abece-mayaro.pdf>