

Revisión de tema

Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito *Aedes spp* y la transmisión del virus del dengue

Influence of environmental temperature in the mosquito Aedes spp and the transmission of the dengue virus

Yusselly Márquez Benítez¹ [✉ CvLAC](#), **Katherine Johana Monroy Cortés²**, **Edna Geraldine Martínez Montenegro²**, **Víctor Hugo Peña García³** [CvLAC](#), **Ángela Liliana Monroy Díaz⁴** [CvLAC](#)

Fecha correspondencia:

Recibido: julio 31 de 2018.

Revisado: noviembre 21 de 2018.

Aceptado: diciembre 4 de 2018.

Forma de citar:

Márquez Benítez Y, Monroy Cortés KJ, Martínez Montenegro EG, Peña García VH, Monroy Díaz AL. Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito *Aedes spp* y la transmisión del virus del dengue. Rev CES Med 2019; 33(1): 42-50.

[Open access](#)

[© Derecho de autor](#)

[Licencia creative commons](#)

[Ética de publicaciones](#)

[Revisión por pares](#)

[Gestión por Open Journal System](#)

DOI: [http://dx.doi.org/10.21615/](http://dx.doi.org/10.21615/cesmedicina.33.1.5)

[cesmedicina.33.1.5](#)

ISSN 0120-8705

e-ISSN 2215-9177

Comparte



Resumen

En esta revisión se aborda a *Aedes*, el género de insectos más relevante en relación a la transmisión de agentes patógenos virales entre los que se cuentan dengue, zika, chikungunya, fiebre amarilla, entre otros. Este vector posee una rápida tasa de desarrollo y alta supervivencia, las cuales puede variar en respuesta a muchos factores bióticos y abióticos del ambiente. Entre estos últimos está la temperatura, la cual puede ejercer una considerable influencia en la capacidad vectorial, ya que impacta en la dinámica de la población del mosquito, la cinética del ciclo biológico, la respuesta inmunológica frente al virus del dengue, entre otros aspectos. Este conocimiento puede resultar útil en la realización de mejores proyecciones de los efectos del cambio climático sobre la incidencia del dengue, así como lograr una detección temprana de posibles brotes epidémicos que permitan la planeación oportuna de una respuesta rápida y eficaz para lograr la reducción y el control de la enfermedad.

Palabras clave: *Aedes*; Virus del dengue; Arbovirus; Mosquitos vectores, Temperatura.

Abstract

This review presents *Aedes*, the most relevant insect genus in relation to the transmission of viral pathogens: dengue, zika, chikungunya, yellow fever, among others. This vector has a rapid rate of development and high survival, which might vary in response to many biotic and abiotic factors of environment. Among the latter is the temperature, which can exert a considerable influence on vectorial capacity, since it affects the dynamics of the mosquito population, the kinetics of the biological cycle, the immune response against the dengue virus, among other aspects. This knowledge can be useful in achieving better projections of the effects of climate change on the incidence of dengue, as well as achieving early detection of possible epidemic outbreaks that allow the timely planning of a rapid and effective response to achieve the reduction and control of the disease.

Keywords: *Aedes*; Dengue virus; Arbovirus; Mosquito vectors; Temperature.

Sobre los autores:

1. Bacterióloga y
Laboratorista Clínica, Esp.
Magister. Universidad de
Boyacá.

2. Programa de
Bacteriología y Laboratorio
clínico. Universidad de
Boyacá.

3. Biólogo, MSc, PhD.
Gestión ambiental.
Universidad de Boyacá.

4. Bacterióloga y
Laboratorista Clínica.
Magister. Universidad de
Boyacá.

La temperatura puede ser más relevante que las demás variables, ya que afecta diferentes aspectos relacionados directa e indirectamente con la transmisión, desde factores relacionados al ciclo de vida del mosquito hasta la relación directa del virus con el vector.

Introducción

El mosquito hembra del género *Aedes* es el principal vector de varios agentes patógenos, entre ellos el virus del dengue. Las especies de mayor relevancia son *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*, consideradas invasoras con capacidad de adaptación rápida (1,2) y sobre las que el hábitat y el clima ejercen una importante influencia (3).

La hembra de *Aedes* se infecta con el virus al consumir sangre de un humano en fase virémica (4,5); las características biológicas y genéticas del mosquito y del virus hacen posible que el mosquito pueda ser capaz de transmitir el mismo, propiedad conocida como competencia vectorial (permisibilidad intrínseca de un mosquito de infectarse, replicar y transmitir el virus (6)). Es así que las especies del género *Aedes* son transmisoras de virus como dengue, zika, chikungunya, fiebre amarilla, entre otras, lo cual resalta la importancia del conocimiento biológico de estos mosquitos (7,8).

Se ha postulado que, debido a los diferentes cambios climáticos, el mosquito se ha presentado en lugares en los cuales no era frecuente, permitiendo que los virus se disemine de forma descontrolada en diferentes regiones (9), pues fenómenos como las precipitaciones y la humedad influyen en la infestación de áreas en Las Américas (10-12), relacionado con una mayor disponibilidad de criaderos y una mayor frecuencia de alimentación en condiciones de estrés hídrico, de manera que algunos autores lo han descrito como un factor capaz de modular la aparición de epidemias e incrementar la transmisión de virus (13-15).

Sin embargo, la evidencia científica sugiere que la temperatura puede ser más relevante que las demás variables ya que afecta diferentes aspectos relacionados directa e indirectamente con la transmisión, desde factores relacionados al ciclo de vida del mosquito hasta la relación directa del virus con el vector; e incluso, afectar la conformación estructural del virión. Tal multiplicidad de factores relacionados con la transmisión que son regulados por la temperatura no sucede con las demás variables climáticas.

Se pretende con esta revisión describir cómo impacta la temperatura ambiental sobre el mosquito *Aedes*, en su desarrollo, bionomía y capacidad vectorial. Para ello se realizó una búsqueda manual de artículos originales y de revisión en inglés y en español publicados entre 2008 y 2018, utilizando bases de datos como Pubmed, Science Direct, Scielo, Proquest e-library, Sistema de Información Científica Redalyc, Portal Regional da BVS, Elsevier y utilizando para ello las palabras claves: *Aedes*, virus del dengue, arbovirus, mosquitos vectores, temperatura. Se excluyeron aquellos que abordaban otras arbovirosis. Se obtuvieron más de 12 mil artículos relacionados, por lo que solo se eligieron aquellos que hablaban de la dinámica del vector, su relación con virus dengue y la temperatura como factor ambiental.

Influencia de la temperatura en el vector

Efectos sobre el desarrollo del mosquito

Al ser los insectos poiquilotermos, algunos de sus procesos biológicos como la maduración sexual, la cópula y la oviposición se ven afectados por la temperatura ambiental (16), de manera que a temperaturas adecuadas (entre 26 y 28°C) aumentan la cinética del desarrollo y la supervivencia de todas las etapas del insecto (17,18).

Este rápido desarrollo y sobrevivencia del insecto por la temperatura favorece la proliferación de vectores en el ambiente, lo que podría representar una mayor transmisión, ya que llega prontamente a su etapa adulta. En temperaturas superiores el desarrollo del mosquito cae dramáticamente, aunque algunos estudios han revelado que se han presentado eclosiones larvales a temperaturas altas, lo que puede significar una posible respuesta fisiológica adaptativa (19).

Por otro lado, se ha demostrado una equivalencia entre la temperatura y la humedad relativa con la oviposición, donde un aumento en la temperatura crítica mínima (más de 10 ° C) se asocia con un aumento en la actividad de oviposición tres semanas después; por el contrario, no se ha encontrado presencia de huevos cuando la temperatura desciende por debajo de 10 ° C. Además, se ha descrito poca actividad de oviposición de *A. aegypti* durante los inviernos secos, mientras que ha sido mayor durante la temporada de lluvias. La presión de vapor de agua afecta directamente la actividad de puesta de huevos de las hembras calculándose en función de la temperatura y la humedad. Cuando hay una disminución en la presión de vapor de agua se registra una disminución en el número de huevos, probablemente debido a que la mortalidad en adultos aumenta, y por lo tanto disminuye la actividad de oviposición (12,20).

Efectos sobre la esperanza de vida del mosquito

La influencia de la temperatura sobre la duración de vida de los distintos estados es evidente: temperaturas mayores a 31 °C aceleran su envejecimiento y, por lo tanto, su mortalidad, lo que acarrea un menor tiempo infeccioso, mientras que con temperaturas menores de 21°C el desarrollo y tiempo de vida del mosquito serán más largos, teniendo la oportunidad de infectar por mucho más tiempo (21,22). Por lo tanto, la variación de temperatura puede influir en acortar o alargar la vida media del vector aumentando o no la probabilidad de transmisión del virus.

La variación de temperatura puede influir en acortar o alargar la vida media del vector, aumentando o no la probabilidad de transmisión del virus.

Influencia de la temperatura en la relación virus – vector

Periodo de incubación extrínseco

El curso de la infección dentro del mosquito es igualmente afectado por la temperatura, particularmente el tiempo que toma el virus desde la infección del mosquito hasta su diseminación a las glándulas salivares donde se presume que es factible la transmisión del virus, lo que se conoce como periodo de incubación extrínseco (23).

Éste se compone de dos etapas sucesivas: *fase intestinal*, cuando se lleva a cabo la replicación viral, que a su vez presenta tres componentes, la invasión de las células del intestino medio del artrópodo, la replicación viral en ellas y la diseminación del virus al hemocele, atravesando la lámina basal; y la *fase de amplificación viral*, cuando el virus se libera en la hemolinfa y traqueolas, invadiendo los órganos del artrópodo como los ovarios y glándulas salivares (24,25).

La duración de este periodo es variable y depende, principalmente, de la temperatura ambiental. Chan y Johansson estiman, mediante un meta-análisis, que el periodo de incubación extrínseco dura entre 5 y 33 días a una temperatura de 25°C y de 2 a 15 días post-infección a una temperatura de 30°C, con un rango entre 6,5 a 15 días (23).

Competencia vectorial

La competencia vectorial es determinante en la transmisión del virus del dengue; sin embargo, la influencia de la temperatura en la competencia vectorial se da tanto por su capacidad de infectarse como de transmitir la enfermedad (26,27). Se ha

demostrado que cuando la variación diaria de temperatura alrededor de la media es grande, disminuye la probabilidad de infección del intestino medio; es decir, disminuye la competencia vectorial, aunque la duración del periodo de incubación extrínseco permanece igual (28,29). Sin embargo, otro estudio demuestra que cuando la media de la temperatura es baja (alrededor de 20°C) tienen un efecto positivo en la infección y posterior transmisión (30).

Sistema inmune del mosquito

La respuesta inmune de los insectos está regulada principalmente por tres vías de señalización; la vía Toll, IMD y JAK-STAT. Sin embargo, los mosquitos *Aedes* son capaces de generar una respuesta inmune mediante un mecanismo inmunológico adicional que juega un papel importante en la defensa antiviral dependiente de RNA de interferencia (RNAi), guiada por el RNA de doble cadena (RNAds) (31). Adelman *et al.* (31) demuestran que las bajas temperaturas perjudican el sistema de (RNAi) y, como consecuencia, se detectan mayores títulos virales en el mosquito cuando son conservados a una temperatura de 18°C, en comparación de aquellos a 28°C. Esto sugiere una explicación molecular que puede conducir a una mejor comprensión de cómo la temperatura puede afectar la transmisión del virus y plantea nuevos escenarios de estrategias de control genético basadas en el RNAi (32).

Influencia sobre la capacidad vectorial

La capacidad vectorial es una medida para describir la intensidad de transmisión por vectores (33). Aunque existe una percepción generalizada que en áreas de mayor temperatura ocurre una mayor incidencia, se ha sugerido que un aumento desmedido de la temperatura, así como variaciones extremas de temperatura, ejercen un efecto negativo sobre la transmisión. Liu-Helmersson *et al.*, encuentran que existe un rango óptimo de temperatura con variaciones diarias en las que la transmisión se da con mayor intensidad dejando por fuera temperaturas extremas y grandes variaciones (27).

Por microscopía crioelectrónica se ha demostrado que la temperatura afecta la conformación del virión: a 37°C el virión adopta una conformación desigual, mientras que a 28°C la estructura de la partícula viral es lisa (34), de lo cual puede entenderse que los procesos de infección que se llevan a cabo dentro del vector difieren del humano y este proceso está mediado por la temperatura (35). Acorde con esto, la infección en mosquitos podría verse afectada a ciertas temperaturas y por consiguiente, su transmisión y capacidad vectorial (36).

De esta manera, en algunas especies de *Aedes* el umbral mínimo de desarrollo de etapas inmaduras se ha encontrado desde 10,4 °C, siendo los períodos más cortos para el desarrollo del estadio inmaduro y ciclos gonotróficos a 30 °C con un promedio de tres días. También se ha descrito que las condiciones climáticas están relacionadas con las tasas de alimentación y en consecuencia el aumento también de riesgo de transmisión del virus del dengue, siendo común que los mosquitos se alimenten una vez por día y con las variaciones geográficas y climáticas pueda hacerlo hasta dos veces (37), de manera que la tasa de alimentación -una de las variables más importantes en la capacidad vectorial- puede verse fuertemente afectada por la temperatura.

Adicionalmente, en zonas donde se han incrementado las temperaturas hay un movimiento de mosquitos adultos a los sitios de reproducción más fríos y sombreados,

Un aumento desmedido de la temperatura, así como variaciones extremas de temperatura, ejercen un efecto negativo sobre la transmisión.

incluso en el subsuelo, presentándose casos de la infección por dengue en sitios poco frecuentes (38).

Influencia sobre la transmisión y la salud pública

La reemergencia del dengue en muchos países obedece a la presencia de factores determinantes y una combinación de los mismos. Existen estudios que sugieren que la temperatura es la más importante, como aquellos que mencionan que las temperaturas elevadas limitan la infección en las poblaciones de mosquitos, mientras que en ciudades con temperaturas templadas (25-28° C), la tasa de infección de dengue es mayor (36). Un fenómeno interesante fue descrito en Kenia, en donde dos ciudades presentaron diferentes tasas de infección, lo cual se correlacionó fuertemente con la diferencia entre la temperatura entre los dos lugares (39).

En Colombia, en regiones como Córdoba se ha mostrado que las variables climáticas como temperatura del aire y precipitación, además del estado de la vegetación, se relacionan significativamente con la aparición del dengue (40). Esto pone en evidencia la intensidad del efecto que ejerce la temperatura local sobre la transmisión, siendo la variabilidad climática esencial sobre la incidencia del virus del dengue y la afectación de la biología del *Aedes* respecto a capacidad y competencia vectorial, ciclos gonotróficos y frecuencia de alimentación (27,41-43). Se ha estimado también que donde hay temperaturas con promedios diarios por encima de 28°C y temperaturas máximas por encima de 32°C tienden a presentar menor incidencia de dengue que aquellas ciudades con promedios menores de temperatura diaria. Por lo tanto, se estima que la temperatura ambiental puede influir en la incidencia de casos de dengue (44).

La temperatura es una variable que influye sobre el mosquito *Aedes*, desde su desarrollo hasta la relación con el virus, lo que hace que sea la variable climática más importante.

Conclusiones

La temperatura es una variable que influye sobre el mosquito *Aedes*, desde su desarrollo hasta la relación con el virus, lo que hace que sea la variable climática más importante moldeando la transmisión en una región, sin desestimar la importancia de otras variables. Para lograr mitigar los efectos del virus del dengue se recomienda realizar más estudios en relación clima – vector, de forma que se puedan llevar a cabo proyecciones y predicciones que permitan implementar intervenciones preventivas en poblaciones en riesgo.

Conflicto de intereses

Los autores manifiestan que no hay conflicto de intereses en el presente manuscrito.

Bibliografía

1. Maria das Graças Avila Guimaraes, Teixeira Serdeiro M, de Araujo Oliveira A, de Olivera Cabral MM. Desenvolvimento, viabilidade e mortalidade de imaturos de *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* Linnaeus, em Água de Duas Espécies de Bromélias: Estudo bibliográfico e experimental. EntomoBrasilis [Internet]. 2015 [cited 2018 Jul 30];8(3):214–21. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5480741>
2. Castro Jr. FP de, Martins WFS, Lucena Filho ML de, Almeida RP de, Beserra EB. Ciclos de vida comparados de *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae) do semiárido da Paraíba. Iheringia Série Zool [Internet]. 2013 Jun [cited 2018 Jul 30];103(2):118–23. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-47212013000200006&lng=pt&tlng=pt

3. Morin CW, Comrie AC, Ernst K. Climate and dengue transmission: evidence and implications. *Environ Health Perspect* [Internet]. 2013 [cited 2018 Jul 30];121(11–12):1264–72. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24058050>
4. Pájaro N, Flechas MC, Ocazone R, Stashenko E, Olivero-Verbel J. Potential interaction of components from essential oils with dengue virus proteins. *Boletín Latinoam y del Caribe Plantas Med y Aromáticas* [Internet]. 2015 [cited 2018 Jul 30];14(3):141–55. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85638535001>
5. Asociación Costarricense de Salud Pública. A, SciELO (Online service) J. Chemical control of *Aedes aegypti*: a historical perspective. *Rev Costarric Salud Pública* [Internet]. 2013 [cited 2018 Jul 30];22(1):68–75. Available from: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292013000100012&lng=en
6. Bennett KE, Olson KE, De M, Muñoz L, Muñoz M, Fernandez-Salas I, et al. Variation in vector competence for dengue 2 virus among 24 collections of *Aedes aegypti* from Mexico and the United States [Internet]. 2002 [cited 2018 Oct 19]. Available from: <http://www.ajtmh.org/docserver/fulltext/14761645/67/1/12363070.pdf?expires=1539963150&id=id&accname=guest&checksum=9389BB3439690B30E98F357711646F95>
7. Peña-García VH, McCracken MK, Christofferson RC. Examining the potential for south american arboviruses to spread beyond the new world. *Curr Clin Microbiol Reports*. 2017;4(4):208–17.
8. Rey JR, Lounibos P. Ecología de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en América y la transmisión de enfermedades. *Biomédica*. 2015 Feb 3;35(2).
9. PAHO/WHO Data - Dengue cases [Internet]. [cited 2018 Jul 30]. Available from: <http://www.paho.org/data/index.php/en/mnu-topics/indicadores-dengue-en/dengue-nacional-en/252-dengue-pais-ano-en.html>
10. da Cruz Ferreira DA, Degener CM, de Almeida Marques-Toledo C, Bendati MM, Fetzner LO, Teixeira CP, et al. Meteorological variables and mosquito monitoring are good predictors for infestation trends of *Aedes aegypti*, the vector of dengue, chikungunya and Zika. *Parasit Vectors* [Internet]. 2017 [cited 2018];10(1):78. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28193291>
11. Canyon D V, Muller R, Hii J LK. *Aedes aegypti* disregard humidity-related conditions with adequate nutrition. *Trop Biomed*. 2013;30(1):1–8.
12. Lega J, Brown HE, Barrera R. *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Abundance model improved with relative humidity and precipitation-driven egg hatching. *J Med Entomol*. 2017;54(5):1375–84.
13. Morin CW, Monaghan AJ, Hayden MH, Barrera R, Ernst K. Meteorologically driven simulations of dengue epidemics in San Juan, PR. *PLoS Negl Trop Dis*. 2015;9(8):e0004002.
14. Rúa-Urbe GL, Suárez-Acosta C, Chauca J, Ventosilla P, Almanza R. Modelling the effect of local climatic variability on dengue transmission in Medellín (Colombia) by means of time series analysis. *Biomedica*. 2013;33 Suppl 1:142–52.

15. Wu P-C, Lay J-G, Guo H-R, Lin C-Y, Lung S-C, Su H-J. Higher temperature and urbanization affect the spatial patterns of dengue fever transmission in subtropical Taiwan. *Sci Total Environ*. 2009;407(7):2224–33.
16. Christofferson RC, Mores CN. Potential for extrinsic incubation temperature to alter interplay between transmission potential and mortality of dengue-infected *Aedes aegypti*. *Environ Health Insights*. 2016;10:119–23.
17. Costa EAP de A, Santos EM de M, Correia JC, Albuquerque CMR de. Impact of small variations in temperature and humidity on the reproductive activity and survival of *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). *Rev Bras Entomol*. 2010;54(3):488–93.
18. Marinho RA, Beserra EB, Bezerra-Gusmão MA, Porto V de S, Olinda RA, dos Santos CAC. Effects of temperature on the life cycle, expansion, and dispersion of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in three cities in Paraíba, Brazil. *J Vector Ecol*. 2016;41(1):1–10.
19. Arenas Villamizar ÁR, Carvajal Pinilla LA. Influencia de los cambios climáticos en la definición del sexo en el *Aedes Aegypti* y su impacto en las epidemias de dengue. *Rev Fac Salud*. 2012;4(2):11.
20. Estallo EL, Ludueña-Almeida FF, Introini M V, Zaidenberg M, Almirón WR. Weather variability associated with *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Dengue vector) oviposition dynamics in Northwestern Argentina. *PLoS One*. 2015;10(5):e0127820.
21. Chin PA, Ehrbar DJ, Micieli MV, Fonseca DM, Ciota AT, Kramer LD. Differential effects of temperature and mosquito genetics determine transmissibility of arboviruses by *Aedes aegypti* in Argentina. *Am J Trop Med Hyg*. 2018 Jun 4;
22. Ángel Francisco, Betanzos-Reyes, Rodríguez MH, Romero-Martínez M, Sesma-Medrano E, Rangel-Flores H, Santos-Luna R. Association of dengue fever with *Aedes spp.* abundance and climatological effects. *Salud Publica Mex* [Internet]. 2017 Dec 15 [cited 2018 Jul 30];60(1, ene–feb):12–20. Available from: <http://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/8141/11438>
23. Chan M, Johansson MA. The incubation periods of Dengue viruses. *PLoS One* [Internet]. 2012 [cited 2018 Jul 30];7(11):e50972. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23226436>
24. Franz AWE, Kantor AM, Passarelli AL, Clem RJ. Tissue barriers to arbovirus infection in mosquitoes. *Viruses* [Internet]. 2015 Jul 8 [cited 2018 Jul 30];7(7):3741–67. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26184281>
25. Salazar MI, Richardson JH, Sánchez-Vargas I, Olson KE, Beaty BJ. Dengue virus type 2: replication and tropisms in orally infected *Aedes aegypti* mosquitoes. *BMC Microbiol*. 2007 Jan 30;7:9.
26. Liu Z, Zhang Z, Lai Z, Zhou T, Jia Z, Gu J, et al. Temperature Increase Enhances *Aedes albopictus* competence to transmit dengue virus. *Front Microbiol* [Internet]. 2017 [cited 2018 Jul 30];8:2337. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29250045>

27. Brady OJ, Golding N, Pigott DM, Kraemer MUG, Messina JP, Reiner RC, et al. Global temperature constraints on *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* persistence and competence for dengue virus transmission. *Parasit Vectors*. 2014;7:338.
28. Carrington LB, Seifert SN, Armijos MV, Lambrechts L, Scott TW. Reduction of *Aedes aegypti* vector competence for dengue virus under large temperature fluctuations. *Am J Trop Med Hyg*. 2013;88(4):689–97.
29. Gloria-Soria A, Armstrong PM, Powell JR, Turner PE. Infection rate of *Aedes aegypti* mosquitoes with dengue virus depends on the interaction between temperature and mosquito genotype. *Proc R Soc B Biol Sci*. 2017;284(1864):1506.
30. Carrington LB, Armijos MV, Lambrechts L, Scott TW. Fluctuations at a low mean temperature accelerate dengue virus transmission by *Aedes aegypti*. Turell MJ, editor. *PLoS Negl Trop Dis*. 2013;7(4):e2190.
31. Adelman ZN, Anderson MAE, Wiley MR, Murreddu MG, Samuel GH, Morazzani EM, et al. Cooler temperatures destabilize RNA interference and increase susceptibility of disease vector mosquitoes to viral infection. Turell MJ, editor. *PLoS Negl Trop Dis*. 2013;7(5):e2239.
32. Vega-Rúa A, Zouache K, Girod R, Failloux A-B, Lourenço-de-Oliveira R. High level of vector competence of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* from ten American countries as a crucial factor in the spread of Chikungunya virus. *J Virol*. 2014;88(11):6294–306.
33. Smith DL, Battle KE, Hay SI, Barker CM, Scott TW, McKenzie FE. Ross, Macdonald. Theory for the dynamics and control of mosquito-transmitted pathogens. Chitnis CE, editor. *PLoS Pathog* [Internet]. 2012 Apr 5 [cited 2018 Jul 30];8(4):e1002588. Available from: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.ppat.1002588>
34. 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*. 2013;110(17):6795–9.
35. Rey FA. Two hosts, two structures. *Nature*. 2013;497(7450):443–4.
36. 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*. 2016;13(5):734.
37. Delatte H, Gimonneau G, Triboire A, Fontenille D. Influence of temperature on immature development, survival, longevity, fecundity, and gonotrophic cycles of *Aedes albopictus*, vector of chikungunya and dengue in the Indian Ocean. *J Med Entomol*. 2009;46(1):33–41.
38. 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;156:137–43.

39. Chepkorir E, Lutomiah J, Mutisya J, Mulwa F, Limbaso K, Orindi B, et al. Vector competence of *Aedes aegypti* populations from Kilifi and Nairobi for dengue 2 virus and the influence of temperature. *Parasit Vectors*. 2014;7(1):435.
40. Gónima L, Meza Ballesta A. Influencia del clima y de la cobertura vegetal en la ocurrencia del dengue (2001-2010). *Rev Salud Pública*. 2014;16(2):293–306.
41. 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*. 2018;67:25–35.
42. Monaghan AJ, Sampson KM, Steinhoff DF, Ernst KC, Ebi KL, Jones B, et al. The potential impacts of 21st century climatic and population changes on human exposure to the virus vector mosquito *Aedes aegypti*. *Clim Change*. 2018;146(3–4):487–500.
43. Pollett S, Melendrez MC, Maljkovic Berry I, Duchêne S, Salje H, Cummings DAT, et al. Understanding dengue virus evolution to support epidemic surveillance and counter-measure development. *Infect Genet Evol*. 2018;62:279–95.
44. Peña-García VH, Triana-Chávez O, Arboleda-Sánchez S. estimating effects of temperature on dengue transmission in colombian cities. *Ann Glob Heal* [Internet]. 2017 Nov 21 [cited 2018 Dec 4];83(3–4):509. Available from: file:///H:/USUARIO ymarquez/Downloads/163-389-1-SM (1).pdf