

## EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS

*Christian Vélez-Gerena, MSEM<sup>1</sup>*

Recibido 26 de agosto de 2015; aceptado 15 de octubre de 2015

Resumen – El cambio climático y su posible impacto sobre la salud es un tópico muy discutido por la comunidad científica. Varios grupos investigan la posible relación entre el clima y las enfermedades. En años recientes se han documentado cambios en la distribución y el hábitaculo de vectores de enfermedades infecciosas. Estos cambios incluyen la migración hacia áreas previamente protegidas por temperaturas frías que limitan la distribución de vectores. Enfermedades como la malaria, chikungunya, dengue y el virus del Nilo han causado brotes que han sido relacionados a la variabilidad climática. El reto del cambio climático y los posibles efectos que promueven enfermedades sobre la salud humana serán un tópico para discusión en el futuro.

*Palabras clave:* Cambio climático, enfermedades infecciosas, dengue, malaria, chikungunya

Abstract – Climate change and its possible impacts on human health has been a widely discussed topic by the scientific community. Current research is studying the effects on the possible relationship between climate variability and disease. In recent years, changes in disease vector distribution and habitat related to temperature have been documented, specially in arthropods such as mosquitoes. These changes include migration into areas previously protected by factors such as temperature limiting vector ranges. Diseases such as malaria, chikungunya, dengue, and West Nile virus have caused outbreaks that have been related to climate effects. The complexity and challenges of climate change and its possible effects on human health will be a topic for discussion in the near future.

*Keywords:* Climate change, infectious disease, dengue, malaria, chikungunya

### Introducción

Se estima que desde el comienzo de la revolución industrial en siglo XIV ha aumentado 30 veces el consumo de combustibles fósiles (Houghton, 2009). Estos combustibles hacen posible la vida moderna con sus lujos y conveniencias, pero su uso desmedido trae efectos adversos. La liberación de óxidos de azufre, nitrógeno, material particulado y bióxido de carbono, producto de la combustión, son contribuyentes a fenómenos como lluvia ácida y el efecto de invernadero. Este efecto de invernadero, está basado en la retención de la energía y luz solar en las capas inferiores de la atmósfera causado por el bióxido de carbono y vapor de agua, entre otros gases (Last, Trouton, & Pengelly, 1998; Barker, 2007).

---

<sup>1</sup> Laboratorio de Química Ambiental y Toxicología Molecular, Escuela de Asuntos Ambientales, Universidad Metropolitana, PO Box 21150, San Juan PR, 00928-1150. Email: c\_velez@suagm.edu

En los últimos 25 años, la comunidad científica ha calculado posibles efectos en el clima causados por el calentamiento global. Entre los efectos climáticos documentados en el informe del Panel Intergubernamental de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Solomon et al., 2007) se encuentran:

- Evidencia que demuestra que entre 1995 al 2006 fueron los 12 años con temperaturas superficiales más elevadas en la historia
- El vapor de agua atmosférico ha incrementado desde los años 80
- Aumento en precipitación en América, Europa y Asia central
- Incremento en eventos de precipitación copiosa
- Cambios en los extremos en temperaturas (reducción en días fríos mientras aumentan los días calientes y ondas de calor)
- Aumentos en la actividad ciclónica desde 1970

Este artículo expone una revisión de literatura sobre estudios de cómo el cambio climático ha sido relacionado con el aumento de casos en enfermedades infecciosas. Algunas de estas áreas de investigación han propuesto relaciones entre el clima y los modos de transmisión, y sus vectores.

### **Enfermedades transmitidas por mosquitos**

Las enfermedades cuyo vector es el mosquito son causantes de preocupación en países donde el ciclo de vida de estos insectos puede ser afectado por la variabilidad en el clima. Entre las enfermedades transmitidas por mosquitos están algunas de las más temidas para los países en desarrollo como: malaria, fiebre amarilla, chikungunya y dengue, entre otras. Estos insectos adquieren microorganismos patógenos al ingerir la sangre de una persona u otro animal infectado. La malaria y el dengue son dos ejemplos de enfermedades en las cuales se ha documentado el efecto directo de la temperatura sobre la transmisión de la enfermedad. En ambos casos, el aumento en la temperatura puede acelerar la maduración, causar cambios en el comportamiento, y aumentar la replicación del mosquito *Anopheles*, vector de la malaria y del mosquito *Aedes*, vector del dengue (Gubler et al., 2001; Tun-Lin, Burkot, & Kay, 2000).

El aumento de la temperatura puede ampliar el hábitat del vector a áreas donde previamente estaba limitado por el frío. El impacto de estas dos enfermedades tiene repercusiones cuantiosas. Se estima que ocurren 350 – 500 millones de casos de malaria (causada por el protozooario parásito del género *Plasmodium*) mundialmente con un total de 1 a 3 millones de muertes anuales (CDC, 2007). En el caso del dengue, la Organización Mundial de la Salud estima en 50 millones de casos con 22,000 muertes anuales (Phillips, 2008).

Otros factores además del calor pueden afectar la incidencia de estas enfermedades. Las sequías o inundaciones de variada intensidad que acompañan el

cambio climático promueven la reproducción de los mosquitos al proveer el medio esencial para completar su ciclo de vida. Esto puede ocurrir por varias razones como: mayor cantidad de agua disponible en tiempos lluviosos y concentración de fuentes de agua durante sequía, además del aumento en envases para recoger agua, un fenómeno muy común durante sequías que ayuda a la supervivencia. En países del continente Africano como Kenya se ha encontrado una relación entre el aumento en precipitación, altas temperaturas y la incidencia en malaria (Githeko & Ndegwa, 2001). Mientras en Nigeria y Senegal se encuentra el fenómeno opuesto, donde las sequías traen una disminución en los casos de malaria (Julvez, Mouchet, Michault, Fouta, & Hamidine, 1997).

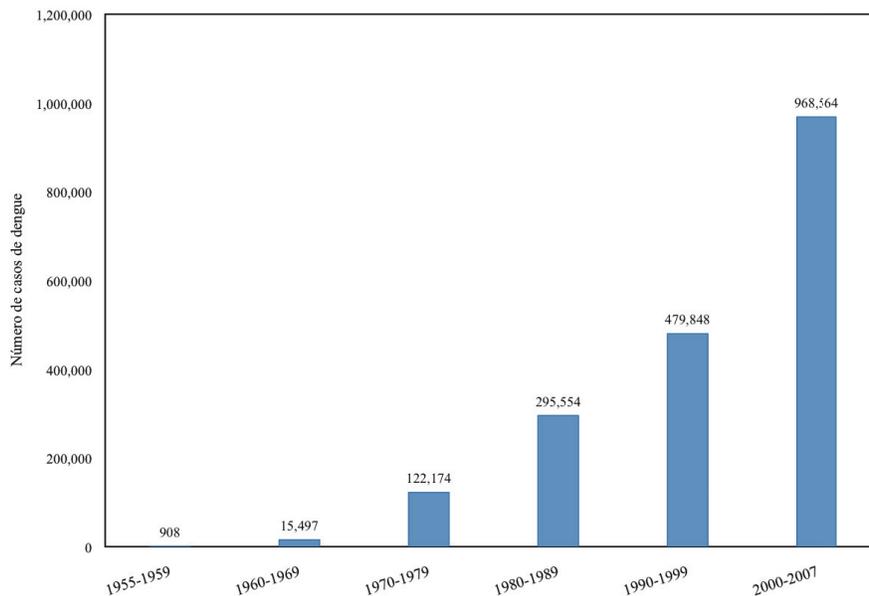
Según los estudios, la malaria está apareciendo en otros lugares lejos de los trópicos (Githeko, Lindsay, Confalonieri, & Patz, 2000). En lugares como el norte de Europa, se ha documentado la expansión del hábitat de los mosquitos vectores de la malaria hacia las montañas Urales a razón de 30 Km. anuales (Novikov & Vaulin, 2014), lo cual expone vastas áreas a la migración de los mosquitos vectores previamente protegidas por el frío. En América del Sur se ha relacionado cambios en patrones de la malaria con las variaciones climáticas asociadas a eventos como El Niño (Githeko et al., 2000). En las últimas décadas del siglo XX en las cuales se registraron algunas de las temperaturas más altas del siglo en los Estados Unidos, se han detectado brotes locales de malaria en estados del norte como Michigan, New York y en la ciudad Canadiense de Toronto (Epstein, 2000).

Además de la malaria, los científicos estudian otro grupo de enfermedades transmitidas por mosquitos y causadas por virus. Estas condiciones incluyen al chikungunya (*Alphavirus*, fam. *Togaviridae*), virus del Nilo (*Flavivirus*, fam. *Flaviviridae*), fiebre del Valle Rift (*Phlebovirus*, fam. *Bunyaviridae*) y el virus de la lengua azul o fiebre aftosa (*Orbivirus*, fam. *Reoviridae*). Estos virus han causado epidemias en América del Norte, El Caribe, África, Europa y la península Arábiga. La combinación de actividades humanas como el comercio, disposición de los desechos comunes y la posible alteración de los patrones climáticos han causado un aumento en focos de infección por arbovirus incluyendo el caso de chikungunya, y su introducción en América, el norte de Italia, islas del Océano Indico y Asia (Gould & Higgs, 2009).

El occidente ha sido el escenario de algunos de los eventos epidémicos más conocidos públicamente que han sido relacionados al cambio climático. El primero en causar preocupación al final del siglo XX fue el virus del Nilo en Los Estados Unidos. En partes de África, Europa y Asia este virus circula transmitido por mosquitos del género *Culex* entre poblaciones de aves y equinos (Gould, de Lamballerie, Zanotto, & Homes, 2003). En 1999 ocurrió el primer brote significativo en el estado de New York donde ocurrieron 69 casos de meningoencefalitis con siete fatalidades. Estudios genéticos han demostrado que el virus introducido en América probablemente proviene de aves importadas desde Israel (Gould & Higgs, 2009).

Se estima que las condiciones climáticas inusuales de 1999 fueron claves para promover el brote del virus del Nilo. Se ha sugerido el siguiente escenario: el invierno relativamente cálido de 1998 permitió la sobrevivencia de un número alto de mosquitos hasta la primavera, la cual llegó temprano. Un verano de sequía concentró agua y nutrientes en las áreas donde se reproducen los mosquitos; simultáneamente la escasez de agua redujo depredadores de los mosquitos y concentró las aves cerca de las fuentes de agua. Una vez el mosquito adquiere el virus, su maduración dentro de las aves es ayudado por la ola de calor que ocurrió ese verano. Estos mosquitos infectados con el virus de las aves propagaron el virus en personas sanas causando el brote de la enfermedad (Epstein, 2000).

Por su parte, la fiebre del dengue tiene una presencia mundial en países tropicales donde se encuentra el mosquito vector. Es conocida desde 1870 en la India, pero solo después de la Segunda Guerra Mundial se ha documentado su avance hasta el Océano Pacífico (Phillips, 2008). Ambas especies del género *Aedes* (*Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*) se encuentran en las Américas, pero curiosamente *A. aegypti* resulta ser el vector más relacionado con brotes a gran escala.



*Figura 1.* Casos históricos del dengue a nivel mundial  
(Datos Organización Mundial de la Salud, 2002)

En las Américas, los esfuerzos para eliminar el mosquito (también vector de la fiebre amarilla) trajeron una reducción drástica en los números de estos insectos. Para la década de los 70, la limitación por efectos adversos al ambiente del uso del insecticida DDT y la suspensión de los esfuerzos de erradicación han permitido que el mosquito reconquiste las áreas previamente libres de su presencia. Varios modelos relacionan la presencia de los mosquitos con variación climática y sugieren la posibilidad de expansión al norte y al sur de las Américas (Campbell et al., 2015).

Actualmente en nuestro continente, el dengue es un problema de salud pública serio y causa costos estimados en \$2.1 billones anuales (Shepard, Coudeville, Halasa, Zambrano, & Dayan, 2011). En los Estados Unidos se han documentado brotes de esta enfermedad en Florida, Hawái, los estados fronterizos con Méjico, la costa del golfo, los territorios del Pacífico y del Caribe incluyendo Puerto Rico (Añez & Ríos, 2013). En Puerto Rico los costos causados por esta enfermedad son de \$38.7 millones anualmente (Halasa, Shepard, & Zeng, 2012). Existe evidencia sobre brotes documentados en la Isla desde 1963 hasta comienzos del presente siglo (Rigau-Pérez, Vorndam, & Clark, 2001). Estudios recientes han propuesto la posible relación entre fluctuaciones en brotes relacionados con cambios en precipitación y baja presión sobre la Florida, la cual provoca aumento en humedad durante epidemias del dengue (Jury, 2008). Otros estudios sugieren influencias críticas sobre la extensión temporal y espacial del dengue (Tabla 1).

Tabla 1

*Estudios sobre la relación entre variables climáticas y el dengue en Puerto Rico, según Morin, Comrie, & Ernst (2013)*

Fuente	Lugar	Diseño/análisis	Asociación climática
Barrera et al. (2011)	Puerto Rico	Longitudinal	Precipitación
Johanson et al. (2009)	Puerto Rico	Regresión	Temperatura, precipitación
Jury (2008)	Puerto Rico	Estadística múltiple	Temperatura, precipitación
Keating (2001)	Puerto Rico	Regresión lineal	Temperatura
Schreiber (2001)	Puerto Rico	Regresión multivariada	Temperatura, energía, humedad

Otra enfermedad transmitida por mosquitos que ha conquistado las Américas tropicales es el virus de chikungunya. Esta fiebre muy similar al dengue se conoce oficialmente por la medicina moderna desde el 1952 en la nación Africana de Tanzania durante un brote en la tribu Makonde. Su nombre en este lenguaje significa “aquello que se dobla” en referencia a las contorsiones sufridas por los pacientes

causadas por el dolor en las articulaciones (Meason & Paterson, 2014). Su avance a través de Asia hasta las islas del Pacífico fue documentado llegando al sureste de Asia en 2003, y finalmente documentado en el Caribe en 2013 (Sharp et al., 2014). Varias hipótesis sobre este aumento en casos y distribución han surgido como mutaciones que aumentan la virulencia y afinidad por el nuevo vector *A. albopictus* (Mishra & Ratho, 2006). Este mosquito es común en áreas urbanas y rurales mientras *A. aegypti* prefiere ambientes urbanos. Durante las sequías, la práctica de almacenar agua promueve lugares ideales para la reproducción de los vectores como ocurrió en el brote de Kenia en el 1998, luego de una sequía de 8 años (Meason & Paterson, 2014), lo cual sugiere una relación estrecha con la precipitación.

### **Enfermedades transmitidas por roedores**

Además de los mosquitos, otros vectores oportunistas han utilizado la variabilidad climática para reproducirse de forma inusual y a su vez causar brotes de enfermedades. En la década de los 90, luego del evento del niño (ENSO, por sus siglas en inglés) surgió en el oeste de los Estados Unidos otra enfermedad transmitida por roedores: el hantavirus. Esta enfermedad respiratoria puede transmitirse de los roedores hasta los humanos por medio de las secreciones y excreciones del ratón venado *Peromyscus maniculatus* (Yates et al., 2002). Otros eventos de lluvia en América del sur causaron eventos similares en Panamá (Williams et al., 1997) y Paraguay (Ruedas et al., 2004). Estos eventos de precipitación inusual seguido de aumento en población de vectores también han sido relacionados con casos de la peste bubónica (*Yersinia pestis*, transmitida por pulgas), lo cual hace evidente un ciclo entre precipitación y aumentos en población de los vectores.

Varios factores climáticos se combinaron para dar lugar al brote de hantavirus. Previo a la explosión en los números de roedores vectores ocurrió una sequía regional, la cual redujo el número de depredadores para los roedores. El aumento inusual de lluvia trajo un incremento en las fuentes de alimentos para los ratones esto causó un aumento en la población de roedores infectados por el virus. El año siguiente, ocurrió otra sequía que causó que los ratones buscaran refugio en los hogares que expusieron a residentes a desechos infecciosos de los ratones. Hoy día los brotes de hantavirus son limitados por mejores sistemas de monitoreo y prevención en los Estados Unidos, pero no en Latinoamérica donde han ocurrido varios brotes (Pini, 2004).

### **Enfermedades transmitidas por bacterias**

Los cambios extremos en la temperatura, frecuencia y cantidad de lluvias atribuidos al cambio climático, han sido vinculados con la ocurrencia de enfermedades infecciosas transmitidas a través del agua (Herrador et al., 2015). La precipitación excesiva puede causar la transportación de los patógenos a través de un ecosistema movilizándolos hacia los cuerpos de agua y pozos (Semenza & Menne, 2009).

Además puede causar cambios hidráulicos en cuerpos de agua y la alteración del funcionamiento de plantas de tratamiento, las cuales podrían contaminar un cuerpo de agua (Cann, Thomas, Salmon, Wyn-Jones, & Kay, 2013). Se han documentado eventos de contaminación de los abastos de agua luego de inundaciones, lo cual provoca brotes de enfermedades como campylobacteriosis (*Campylobacter spp.*), salmonelosis (*Salmonella spp.*), cryptosporidiosis (*Cryptosporidium spp.*) y Norovirus (Semenza et al., 2012). Otros estudios han relacionado el evento de El Niño con brotes a gran escala de cólera (causado por la bacteria *Vibrio cholerae*), la cual prolifera más rápido al aumentar la temperatura. Algunos pronósticos esperan que aumente la prevalencia de esta enfermedad con el aumento en temperaturas (Lipp, Huq, & Colwell, 2002). Por otra parte, las sequías pueden reducir el volumen de un cuerpo de agua concentrando patógenos que normalmente serían diluidos (Senhorts & Zwolsman, 2005).

### Consideraciones finales

Indudablemente la evidencia científica publicada sugiere o pronostica que la variabilidad climática causará alteraciones en los ciclos de vectores de enfermedades infecciosas. Muchos factores contribuyen a fomentar los brotes de enfermedades como: las condiciones sociales de un país, el nivel de pobreza, escolaridad, la preparación de las autoridades para manejar desastres naturales y la infraestructura de servicios básicos y su mantenimiento. Dos tipos de estrategias son practicadas para responder a los cambios climáticos: la mitigación y la adaptación. La mitigación se busca reducir las causas del cambio climático como los gases de invernadero mediante política pública o tecnología de control, conservación de áreas verdes y producción de fuentes energéticas con menos contribución de contaminantes.

El principio de adaptación propone minimizar los efectos a la salud pública de estos cambios en el clima. La preparación para eventos como tormentas y el manejo apropiado de recursos e identificación de poblaciones en riesgo puede reducir la mortalidad y morbilidad (Patz, Grabow, & Limaye, 2014). La modernización de sistemas de vigilancia puede detectar brotes de enfermedades infecciosas en etapas tempranas lo cual mejora la respuesta y el manejo de recursos dirigidos a controlar los brotes. El tema del cambio climático y sus posibles efectos es uno que todavía está siendo debatido en los medios y la comunidad científica. Ciertamente la evidencia a favor de la existencia de este fenómeno aumenta a diario. No obstante, el punto de vista que se pueda tener sobre la veracidad del fenómeno, los cambios sugeridos para evitarlo en nuestra manera de actuar como sociedad por ejemplo la reducción en la contaminación, mejorar infraestructura básica, establecer una política pública flexible consiente al medio ambiente tomando en cuenta las necesidades de todos los sectores sociales solo puede verse como un beneficio a la sociedad y un valioso regalo a futuras generaciones.

**Agradecimientos**

El autor agradece las valiosas sugerencias de la Dra. Luz Silva y la Prof. Marla Barrios.

**Literatura citada**

- Añez, G., & Ríos, M. (2013). Dengue in the United States of America: A worsening scenario? *BioMed Research International*, 1-13. doi:10.1155/2013/678645
- Barker, T. (2007). Climate change 2007: An assessment of the intergovernmental panel on climate change. *Change*, 446, 12–17. doi:10.1256/004316502320517344
- Campbell, L. P., Luther, C., Moo-Llanes, D., Ramsey, J. M., Danis-Lozano, R., & Peterson, A. T. (2015). Climate change influences on global distributions of dengue and chikungunya virus vectors. *Philosophical Transactions of the Royal Biological Science*, 370 doi:10.1098/rstb.2014.0135
- Cann, K. F., Thomas, D. R., Salmon, R. L., Wyn-Jones, A. P., & Kay, D. (2013). Extreme water-related weather events and waterborne disease. *Epidemiology and Infection*, 141(4), 1–16. doi:10.1017/S0950268812001653
- Centers for Disease Control and Prevention (2007). Malaria facts. Recuperado de <http://www.cdc.gov/malaria/about/facts.html>.
- Epstein, P. R. (2000). Is global warming harmful to health? *Scientific American*, 283(2), 50–57. doi:10.1038/scientificamerican0800-50
- Githeko, A. K., Lindsay, S. W., Confalonieri, U. E., & Patz, J. A. (2000). Climate change and vector-borne diseases: A regional analysis. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), 1136–1147. doi:10.1590/S0042-96862000000900009
- Githeko, A. K., & Ndegwa, W. (2001). Predicting malaria epidemics in the Kenyan highlands using climate data: a tool for decision makers. *Global Change Hum Health*, 2(1), 54–63. Recuperado de [http://r4d.dfid.gov.uk/PDF/Articles/Githeko\\_and\\_Ndegwa\\_Epidemic\\_prediction2.pdf](http://r4d.dfid.gov.uk/PDF/Articles/Githeko_and_Ndegwa_Epidemic_prediction2.pdf)
- Gould, E. A., de Lamballerie, X., Zanutto, P. M., & Holmes, E. C. (2003). Origins, evolution, and vector/host coadaptations within the genus *Flavivirus*. *Advances in Virus Research*, 59, 277–314. doi:10.1016/S0065-3527(03)59008-X
- Gould, E., & Higgs, S. (2009). Impact of climate change and other factors on emerging arbovirus diseases. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 103(2), 109–121. doi: 10.1016/j.trstmh.2008.07.025.

- Gubler, D. J., Reiter, P., Ebi, K. L., Yap, W., Nasci, R., & Patz, J. A. (2001). Climate variability and change in the United States: Potential impacts on vector and rodent-borne diseases. *Environmental Health Perspective*, 109(2), 223–233. Recuperado de <http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/2001/suppl-2/223-233gubler/abstract.html>
- Halasa, Y. A., Shepard, D. S., & Zeng, W. (2012). Economic cost of dengue in Puerto Rico. *The American Journal of Tropical Medicine Hygiene*, 86(5), 745–752. doi:10.4269/ajtmh.2012.11-0784.
- Herrador, B.R., de Blasio, B. F., MacDonald, E., Nichols, G., Sudre, B., Vold, L., Semenza, J.C., & Nygard, K. (2015). Analytical studies assessing the association between extreme precipitation or temperature and drinking water-related waterborne infections: a review. *Environmental Health*, 14, 29. doi:10.1186/s12940-015-0014
- Houghton, J. (2009). *Global warming: The complete briefing*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Julvez, J., Mouchet, J., Michault, A., Fouta, A., & Hamidine, M. (1997). The progress of malaria in Sahelian eastern Niger. An ecological disaster zone. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 90(2), 101–104. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9289244>
- Jury, M. R. (2008). Climate influence on dengue epidemics in Puerto Rico. *International Journal of Environmental Health Research*, (5), 323–34. doi:10.1080/09603120701849836.
- Last, J., Trouton, K., & Pengelly, D. (1998). *Climate of change: Taking our breath away: the health effects of air pollution and climate change*. Recuperado de [http://www.davidsuzuki.org/publications/downloads/1998/healthFULL\\_eng.pdf](http://www.davidsuzuki.org/publications/downloads/1998/healthFULL_eng.pdf)
- Lipp, E., Huq, A., & Colwell, R. (2002). Effects of global climate on infectious disease: The Cholera model. *Clinical Microbiology Reviews*, 15(4), 757–770. doi:10.1128/CMR.15.4.757-770.2002
- Meason, B., & Paterson, R. (2014). Chikungunya, climate change, and human rights. *Health and Human Rights Journal*, 16(1), 105–112. Recuperado de <http://www.hhrjournal.org/wp-content/uploads/sites/13/2014/06/Meason.pdf>
- Mishra, B., & Ratho, R. K. (2006). Chikungunya re-emergence: possible mechanisms. *Lancet*, 368(9539), 918. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16962879>

- Morin, C. W., Comrie, A. C., & Ernst, K. (2013). Climate and dengue transmission: Evidence and implications. *Environmental Health Perspectives*, 121(11), 1264–1272. doi:10.1289/ehp.1306556
- Novikov, Y. M., & Vaulin, O. V. (2014). Expansion of *Anopheles maculipennis* s.s. (Diptera: Culicidae) to Northeastern Europe and Northwestern Asia: Causes and Consequences. *Parasites & Vectors*, 7(1), 389. doi:10.1186/1756-3305-7-389
- Patz, J. A., Grabow, M. L., & Limaye, V. S. (2014). When it rains, it pours: Future climate extremes and health. *Annals of Global Health*, 80(4), 332–344. doi:10.1016/j.aogh.2014.09.007
- Phillips, M. L. (2008). Dengue reborn: Widespread resurgence of a resilient vector. *Environmental Health Perspectives*, 116(9), 382–388. doi:10.1289/ehp.116-a382
- Rigau-Perez, J. G., Vorndam, A. V., & Clark, G. C. (2001). The dengue fever epidemic in Puerto Rico, 1994–95. *The American Journal of Tropical Medicine Hygiene*, 64(1):67–74.
- Pini, N. (2004). Hantavirus pulmonary syndrome in Latin America. *Current Opinion Infectious Diseases*, 17(5), 427–31. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15353962>
- Ruedas, L. A., Salazar-Bravo, J., Tinnin, D. S., Armien, B., Caceres, L., Garcia, A., . . . Mills, J. N. (2004). Community ecology of small mammal populations in Panama following an outbreak of Hantavirus pulmonary syndrome. *Journal of Vector Ecology*, 29(1), 177–191.
- Semenza, J., & Menne, B. (2009). Climate change and infectious diseases in Europe. *Lancet Infectious Diseases*, 9(6), 365–75. doi: 10.1016/S1473-3099(09)70104-5.
- Semenza, J. C., Herbst, S., Rechenburg, A., Suk, J. E., Höser, C., Schreiber, C., & Kistemann, T. (2012). Climate change impact assessment of food- and waterborne diseases. *Critical Reviews in Environmental Science & Technology*, 42(8), 857–890. doi:10.1080/10643389.2010.534706
- Senhorst, H. A. J., & Zwolsman, J. J. G. (2005). Climate change and effects on water quality: a first impression. *Water Science and Technology*, 51(5), 53–59.
- Sharp, T. M., Roth, N. M., Torres, J., Ryff, K. R., Rodríguez, N. M. P., Mercado, C., . . . García, R. B. (2014). Chikungunya cases identified through passive surveillance and household investigations — Puerto Rico. *Mortality and Morbidity Report*, 63(48), 1121–1128. Recuperado de <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6348a1.htm>

- Shepard, D. S., Coudeville, L., Halasa, Y.A., Zambrano, B., & Dayan, G. H. (2011). Economic impact of dengue illness in the Americas. *The American Journal of Tropical Medicine Hygiene*, 84(2), 200–207. doi: 10.4269/ajtmh.2011.10-0503.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., . . . Miller, H. L. (2007). *Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 996. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/contents.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html)
- Tun-Lin, W., Burkot, T. R., & Kay, B. H. (2000). Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland, Australia. *Medical and Veterinary Entomology*, 14(1), 31–37. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10759309>
- Williams, R. J., Bryan, R. T., Mills, J. N., Palma, R. E., Vera, I., De Velásquez, F., . . . Ksiazek, T. G. (1997). An outbreak of hantavirus pulmonary syndrome in western Paraguay. *The American Journal of Tropical Medicine Hygiene*, 57(3), 274–282. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9311636>
- World Health Organization. (2002). Impact of dengue. Recuperado de <http://www.who.int/csr/disease/dengue/impact/en/>
- Yates, T. L., Mills, J. N., Parmenter, C. A., Ksiazek, T. G., Parmenter, R. R., Vande, C. J. R., . . . Peters, C. J. (2002). The ecology and evolutionary history of an emergent disease: hantavirus pulmonary syndrome. *Bioscience*, 52(11), 989–998. doi:10.1641/0006-3568(2002)052[0989:TEAEHO]2.0.CO;2