

CAMBIO CLIMATICO Y DENGUE: UNA APROXIMACIÓN SISTÉMICA

Carlos Manuel WELSH RODRÍGUEZ¹, Carolina Andrea OCHOA MARTÍNEZ¹, Andrew J. MONAGHAN², Mary HAYDEN², Saúl LOZANO FUENTES³, Lars EISEN³, Marco Aurelio MORALES MARTINEZ¹.

¹*Centro de Ciencias de la Tierra. Universidad Veracruzana.*

²*Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR).*

³*Departamento de Microbiología, Inmunología y Patología, Universidad Estatal de Colorado.*

cwelsh@uv.mx

RESUMEN

Tanto el cambio global como el cambio climático están impactando de manera directa en la presencia y abundancia de vectores transmisores de enfermedades; esta hipótesis debe ser contrastada con datos climatológicos, entomológicos y sociales a fin de poder establecer escenarios de actuación o riesgo ante la presencia del vector. El dengue es la enfermedad transmitida por vectores con mayor presencia en regiones tropicales. Se ha desarrollado una investigación de 2010 a 2013 donde se ha estudiado la presencia del mosquito *Aedes aegypti* en un transecto altitudinal del nivel del mar hasta los 2100 m.s.n.m. en la parte central del golfo de México. La presencia del vector no sólo está asociada con la temperatura sino con factores socio-ambientales. Estimar el acoplamiento entre los tres sub-sistemas mencionados provee un marco metodológico y conceptual para valorar un posible escenario futuro ante el calentamiento del sistema climático.

Palabras clave: Cambio climático, dengue, mosquito, salud pública.

ABSTRACT

Global changes as well as climate change are impacting directly the presence and abundance of disease vectors; in particular, this hypothesis should be contrasted with climatological, entomological and social data in order to establish performance or risk scenarios in presence of vector. Dengue is a vector-borne disease with greater presence in tropical regions. It has developed a research from 2010 to 2013 where it has studied the presence of mosquito *Aedes aegypti* in an altitudinal transect from sea level to 2100 m.a.s.l. in the central part of the Gulf of Mexico. The presence of the vector is associated not only with temperature but also with socio-environmental factors. Estimate the coupling among the three systems mentioned provides a methodological and conceptual framework to evaluate a possible future scenario coping the warming of the climate system.

Key words: Climate Change, dengue fever, mosquito, public health.

1. INTRODUCCIÓN

El vector transmisor de la enfermedad del dengue es el mosquito *Aedes aegypti*, el cual necesita condiciones climáticas particulares: humedad relativa, temperatura y precipitación para su desarrollo. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud el mosquito del dengue habita actualmente en lugares en donde antes no le era posible desarrollarse, (WHO, 2001).

En México después de la campaña de erradicación del *Aedes aegypti* en la década de los 60, la reintroducción y re-infestación del vector se vieron favorecidas por el proceso de urbanización, la migración del campo a las ciudades, la carencia de servicios públicos en los crecientes centros urbanos y las deficiencias operativas de los programas de vigilancia y control de vectores, e inclusive la pobreza.

La más reciente llegada del dengue a México se notificó en la frontera sur en 1978 y los primeros casos de fiebre hemorrágica por dengue se dieron en la Península de Yucatán en 1984. El *Aedes aegypti* es considerado el más importante de los vectores que transmiten enfermedades en el mundo, poniendo en riesgo a 250 millones de personas en el mundo.

A pesar de la atención por parte de la salud pública sobre la fiebre del dengue, los datos para su análisis son limitados, con algunas restricciones, además de la complejidad de los factores que interactúan con la distribución, como son la sociedad, la economía y los procesos ecológicos (Machado-Machado, 2012).

El presente trabajo pretende mostrar algunos resultados relevantes de la distribución del vector transmisor del dengue en un transecto altitudinal que va desde Veracruz, Ver., hasta la ciudad de Puebla. Es parte del Proyecto de “*The dengue vector mosquito Aedes aegypti at the margins: sensitivity of a coupled natural and human system to climate change*”, el cual se realiza entre la Universidad Veracruzana (UV), *Colorado State University* (CSU) y el *National Center for Atmospheric Research* (NCAR), financiado por la NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (NSF, del Gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica).

2. VERACRUZ: CLIMA, CAMBIO CLIMÁTICO Y BIODIVERSIDAD

El territorio que ocupa el estado de Veracruz consiste en una franja que se extiende en una superficie de 72,185km² (equivalente al 3.7% del territorio nacional) a lo largo del litoral del Golfo de México por el Este y que por el Oeste se recuesta sobre la Sierra Madre Oriental. Se localiza entre los paralelos 17°10' y 23°38' de latitud norte y entre los meridianos 93° y 99° de longitud oeste. Es el tercer estado con mayor población de la República Mexicana (INEGI, 2012). El estado de Veracruz es muy diverso en relieves, climas, suelos y tipos de vegetación, por lo que ofrece diferentes y múltiples hábitats; pero aunque muchos de estos componentes resulten favorables, hay zonas tan poco conservadas que no vale la pena buscar plantas en ella (Giddings 1998).

Veracruz tiene una situación estratégica en México. Por un lado tiene una frontera natural con la Sierra Madre Oriental y con el Golfo de México, lo que permite contar

con bosques tropicales, bosques de montaña, selvas, esteros, arrecifes, y una biodiversidad de las más ricas de América.

De acuerdo a la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) el 35% de los recursos hídricos del país se encuentran en el estado de Veracruz, siendo el agua uno de los factores relacionados con la presencia del *Aedes aegypti*.

Desde el IV informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) en 2001 ya se mencionaba que existen pruebas científicas que indican que el cambio regional del clima -en particular los aumentos de la temperatura- han influido en un conjunto diverso de sistemas físicos y biológicos de muchas partes del mundo. Entre los cambios observados puede mencionarse como ejemplos la contracción de los glaciares, el deshielo de permafrost, el congelamiento ulterior y el deshielo anticipado de las superficies de ríos y lagos, el alargamiento de las estaciones de crecimiento a latitudes medias a altas, los desplazamientos de las zonas de plantas y animales hacia el polo y a mayores altitudes, las disminuciones de algunas poblaciones de plantas y animales, y el florecimiento temprano de árboles, la incidencia de insectos y de puesta de huevos de las aves. Hay muchos documentos que prueban la existencia de una asociación entre los cambios de temperaturas regionales y los cambios observados de sistemas físicos y biológicos en muchos entornos acuáticos, terrestres y marinos (IPCC, 2001).

El aumento de la temperatura media global trae también como consecuencia migraciones de especies animales y vegetales a lugares de mayor altitud de su hábitat normal. “*Muchas plantas se pueden reproducir y crecer con éxito únicamente dentro de un rango específico de temperaturas, y responder a determinadas cantidades y patrones estacionales de precipitación; pueden verse desplazadas debido a competencia con otras plantas, o incluso no pueden sobrevivir si cambia el clima. Los animales también necesitan determinadas gamas de temperatura y/o precipitación y también dependen de la persistencia constante de las especies de las que se alimentan.*” (IPCC, 2002).

Así, la riqueza biológica de Veracruz se encuentra en grave riesgo, aunado al hecho de que más del 72% de la superficie del estado ha sido transformada para usos agropecuarios y urbanos. Uno de los tipos de vegetación más sensibles al cambio climático en México es el bosque mesófilo de montaña. Se prevé que su distribución se afectará entre 46 y 58 % durante el resto del siglo. En Veracruz, este tipo de bosque ocupa una superficie de aproximadamente 269 mil hectáreas. Además, en caso de perder especies vegetales, se afectaría de manera importante la nutrición de poblaciones locales que se basan en plantas comestibles, así como la disponibilidad de otros productos que contribuyen al apoyo económico y son un medio de mantenimiento de las poblaciones rurales (Benitez, et. al, 2008).

3. DENGUE, SALUD Y CLIMA.

La presencia del *A. aegypti* no sería tan relevante de no ser por el impacto en la salud pública, el Centro para el Control de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) del Gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica señala que cada año éste vector afecta a más de 100 millones de personas (CDC, 2011).

El dengue o fiebre “quebrantahuesos” es una enfermedad producida por cuatro serotipos de virus, que se transmite con síntomas que se parecen a una fuerte gripe y que en

algunos casos causa sangrado interno que conduce a la muerte. Esta enfermedad aflige actualmente a unos 100 millones de personas en las regiones tropicales y subtropicales, especialmente en las áreas urbanas y sus alrededores (Epstein, 1997). Según la Secretaria de Salud (SS, 2001), el dengue es enfermedad de mayor magnitud en el mundo en los últimos 20 años.

El dengue, es una enfermedad que se transmite por intermedio del mosquito *Aedes aegypti* y quizá por el *Aedes albopictus*, de una persona enferma a otra susceptible. Se describen tres formas clínicas bien definidas: dengue clásico, dengue hemorrágico (DH) y síndrome de choque por dengue. Se sabe que un buen número de infectados cursan asintomáticos o con cuadros clínicos inespecíficos. La aparición de DH se asocia a la repetición de varias infecciones por diferentes serotipos principalmente, aunque también se refiere a cepas diferentes de los virus. No existen vacunas ni medicamentos que puedan prevenir o controlar el dengue. Hasta hoy, tampoco se dispone de metodologías eficientes de control de la enfermedad, por lo que se dispersa e incrementa su trascendencia con la aparición de brotes por DH (SS, 2001). El Dengue Clásico (DC) es la enfermedad re-emergente más importante y el Dengue Hemorrágico (DH) es la nueva Enfermedad Transmitida por Vector (ETV) de mayor trascendencia en América.

En la zona central de México existe una barrera natural que interviene con un efecto directo o indirecto sobre la presencia del vector, la Sierra Madre Oriental, misma que ya actúa como una barrera climática al vector.



Figura 1. Mapa de Endemismo del vector *Aedes aegypti*. (<http://www.cdc.gov/dengue/>)

Esto ha dado lugar a un problema de salud regional, ya que ni los hospitales, ni las personas son capaces de contener la enfermedad, dando paso a un problema de epidemiología regional, causado por la variabilidad en el clima regional, y la adaptación del vector a estas condiciones, que si bien son óptimas para su supervivencia, también ha evolucionado para adaptarse a condiciones climáticas similares (WHO, 2001).

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2004), las investigaciones de daños potenciales a la salud causados por el cambio climático dependen de que al observar los efectos del clima utilizando métodos epidemiológicos se considere otras variables como son los factores determinantes de la enfermedad y la vulnerabilidad de la población estudiada.

Tabla 1. Altitud, Temperaturas, precipitación anual en el transecto de estudio.

	Altitud (msnm)	Temp. Max verano (°C)	Temp. Min verano (°C)	Precipitación (mm/año)
Veracruz, VER.	11	31	23	1274
Córdoba, VER.	853	29	18	2082
Orizaba, VER.	1227	25	14	923
Río Blanco, VER.	1251	25	15	950
Maltrata, VER.	1713	22	11	950
Puebla, PUE.	2133	23	8	860

El IPCC (2001) define un vector transmisor de enfermedades como, un organismo hematófago (por ejemplo, un insecto) que transmite un organismo de un portador a otro. El clima juega un papel muy importante en las enfermedades causadas por vectores como mosquitos, garrapatas, pulgas, moscas y otros insectos. Estos vectores de sangre fría son extremadamente sensibles a los efectos directos del clima como temperatura, patrones de precipitación y viento, ya que influyen en su comportamiento, desarrollo y reproducción. Si el cambio climático mejora la longevidad, aumenta la reproducción, aumenta la frecuencia de ataque de estos insectos a la población o altera sus rangos de distribución, puede producirse un aumento de gente infectada (Ize, 2007).

La distribución geográfica de las poblaciones de insectos vectores está relacionada con patrones de temperatura, lluvia y humedad. La elevación en la temperatura acelera la tasa de metabolismo en los insectos y se incrementan el desove y su frecuencia de alimentación de sangre (en el caso de insectos hematófagos). En este sentido la precipitación pluvial es también significativa en su comportamiento metabólico, aunque nada fácil de predecir. En algunos casos, las lluvias tienen un efecto indirecto en la longevidad del vector, pues la humedad crea una serie de hábitats favorables, incrementa la distribución geográfica de los insectos. En otros casos el exceso de lluvias puede tener efectos catastróficos en la población local de vectores por constantes lavados del suelo por las inundaciones. En áreas geográficas de clima muy húmedo, las sequías pueden convertir los ríos en una sucesión de charcas favorables a la reproducción de vectores. Por lo tanto, la reproducción oportunista de vectores puede crear condiciones epidémicas (Koelle et al, 2005).

4. APROXIMACIÓN SISTÉMICA

El calentamiento global puede ser un factor que interviene en la modificación de los patrones de temperatura y humedad, específicamente en altura, pudiendo incidir en particular en el riesgo de contraer dengue en ciudades con una altitud mayor a los 2000 m.s.n.m. El vector se encuentra comúnmente en elevaciones por debajo de los 1700 m.s.n.m., y en alguna ocasión ligeramente por encima de la cota 1700 m.s.n.m.

Hay ciudades por encima del umbral conocido para la presencia del vector, donde por sus condiciones climáticas tienen una barrera para su protección, sin embargo las conclusiones del V informe de evaluación del IPCC hacen necesario tener previsto un posible cambio en un futuro cercano (IPCC, 2014). La literatura señala como un factor de protección el frío, por lo que ciudades donde la temperatura puede descender por debajo de los 10°C son el umbral de la presencia del vector. (Christopher, 1960, Hopp y Foley, 2001)

En el continente americano los registros más altos citados en la literatura son 1630 m.s.n.m. para México y 2200 m.s.n.m. para Colombia. (Ibañez-Bernal, 1987, Suarez y Nelson, 1981). Dado que se trata de un problema para la salud pública, relacionado con múltiples factores tales como pobreza, disponibilidad de agua, educación, ecología y climatología, necesita de ser abordado con un enfoque sistémico, y quizás transdisciplinar (Figura 2). En el caso de la climatología, existen algunos estudios que relacionan de manera empírica la presencia del vector en función de condiciones iniciales, pero es una visión incompleta si no incluye el sistema social y económico de la región de estudio.

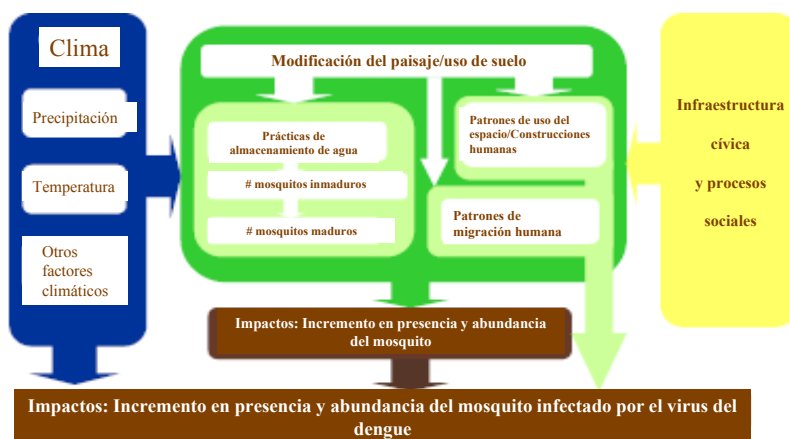


Figura 2. Mapa conceptual de aproximación sistémica. Elaboración: Mary Hayden (NCAR).

4.1. Metodología

La metodología para aproximarse de forma integral se desarrolló en cinco etapas que se describen a continuación.

- 1) Datos climatológicos. Se usaron datos del servicio meteorológico nacional. Además se instalaron 20 estaciones micro-meteorológicas HOBO (*Onset Computer Corporation, Bourne, MA*). Las variables usadas fueron temperatura mínima diaria, temperatura máxima diaria, humedad relativa. Dada la calidad y consistencia de los datos locales del servicio meteorológico nacional, se construyó una base combinada de datos climática de la región de estudio enfatizando el transecto altitudinal.
- 2) Procesos sociales. El factor humano tiene influencia directa en la población del vector debido a prácticas tales como almacenamiento de agua (contenedores, tanques, cisternas), tipo de vegetación existente en patios y jardines, espacios y tipos de construcción en vivienda (incluyendo techo, paredes, ventanas),

recolección de basura, disponibilidad de agua potable. Se levantaron un total de 800 cuestionarios siguiendo un proceso de *clusters* de viviendas (el *cluster* fue definido como espacios urbanos de 1km² que incluyera manzanas que estuvieran limitadas por calles o avenidas).

- 3) Identificación del vector. Con el propósito de establecer la presencia del vector en cada uno de los *clusters* seleccionados se obtuvieron pupas y larvas de mosquito de distintos contenedores dentro y fuera de la vivienda. Estos fueron trasladados a un laboratorio donde fueron “criados”, una vez que alcanzaban su etapa adulta eran identificados mediante el método de Darsie y Ward (2005). Para la identificación se realizó en tres categorías: 1) *Aedes aegypti*, 2) *Aedes epactius* y 3) *Otros*.

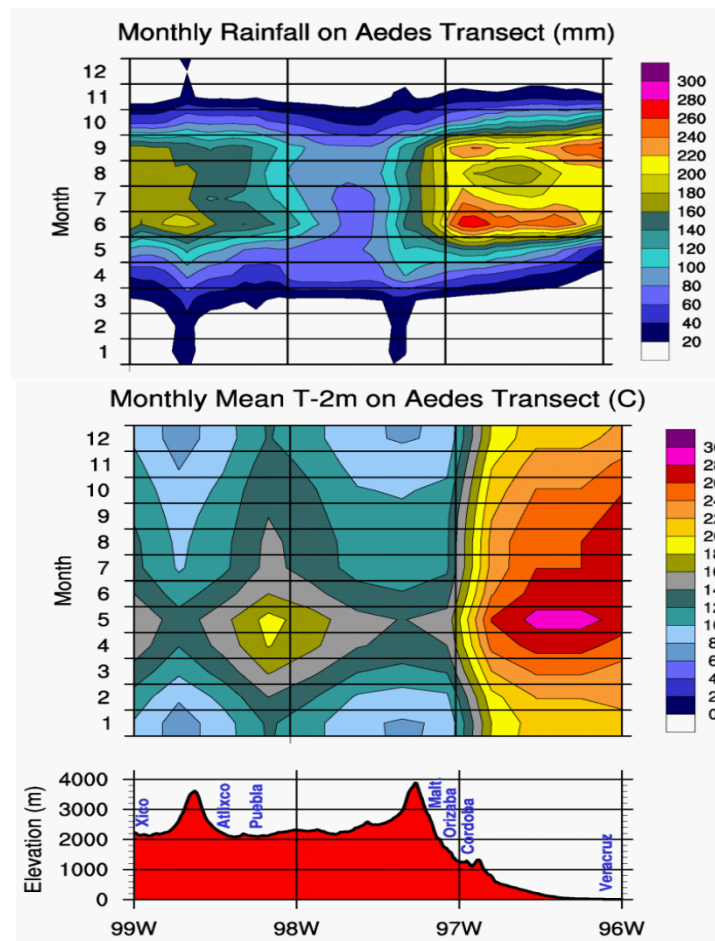


Figura 3. Temperatura y precipitación en el transecto de estudio.
Elaboración: Andrew J. Monaghan.

- 4) Casos confirmados. Se revisaron los datos provenientes del Sector Salud del Estado de Veracruz donde se confirman mediante pruebas de laboratorio que se adquirió el virus del dengue y donde personas se presentaron a una instancia de salud pública con síntomas asociados y se le confirmó la infección.
- 5) Análisis estadístico. Dado que durante el período de lluvia (julio-septiembre) es cuando se dan las condiciones más convenientes para el desarrollo del vector, se

trabajó en los meses de mayor precipitación en base a una estandarización temporal, de modo que fuera posible analizar las correlaciones entre diversas variables climatológicas con los hallazgos del mosquito in situ, y otra con los casos confirmados.

Tabla 2. Datos para realizar el análisis de correlaciones período de estudio.
(Lozano et. al. 2011, Bonilla, 2013).

	Individuos identificados (%)	Temperatura Media (°C)	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	Casos confirmados
Veracruz, Ver.	52	28.9	146	79.3	635
Córdoba, Ver.	36	23.5	321	83.9	75
Orizaba, Ver.	39	20.5	292	87.2	9
Río Blanco, Ver.	62	20.3	279	86.0	6
Maltrata, Ver.	7	19.4	190	81	0
Puebla, Pue.	5	17.8	94	71.6	0

5. RESULTADOS PRELIMINARES Y DISCUSIÓN

En el estado de Veracruz se ha presentado un incremento de temperatura de 0.1°C/década (1950-2000) (Vásquez-Aguirre et. al., 2009) lo que significa un incremento de poco más de medio grado para el 2011(0.6°C); esto sugiere que debe existir un incremento de temperatura en altitud. Es probable que esto signifique para el año 2050 el movimiento de la isoterma hasta los 1850m.s.n.m. (1°C/década \approx 15 metros en altitud), poniendo en riesgo la población de la meseta central del País que ha sido protegida por la barrera natural de las Sierras Madre Oriental y Occidental.

Con el fin de comprobar este supuesto se obtuvieron las correlaciones entre los casos confirmados y las variables climáticas. Las correlaciones obtenidas refieren que los valores más altos se obtienen entre la variable precipitación y casos confirmados por lo que se infiere que de manera condicional que la precipitación es la que detona el número de casos para la zona de estudio (Tabla 3).

Uno de los hallazgos más significativos es confirmar las cotas de presencia del vector y su relación positiva con variables climáticas. Al nivel del mar la presencia del vector como casos confirmados fue muy alto, lo que se denominó como caso positivo-positivo; en la cota superior entre los 800 y 1700 m.s.n.m. había reportes de presencia y una disminución en los casos confirmados. Según se va moviendo la cota hasta Maltrata (1713 m.s.n.m.) se observa una presencia moderadamente abundante, a esto se le denominó caso positivo siendo la cota más alta donde se había reportado la presencia del vector; esto parece estar relacionado con el movimiento de la isoterma en altura.

Tabla 3. Correlaciones actuales para el periodo de estudio.

	Temp. Max verano (°C)	Precipitación (mm)	Casos confirmados
Veracruz, Ver.	-0.165	0.598	635
Córdoba, Ver.	0.412	0.554	75
Orizaba, Ver.	0.427	0.660	9
Río Blanco, Ver.	0.390	0.094	6
Maltrata, Ver.	0	0	0
Puebla, Pue.	0	0	0

Las principales conclusiones que se pueden extraer de este trabajo son las siguientes:

- No había sido registrada la presencia del vector por encima de los 1700 m.s.n.m., y se encontró entre los 1700 y 2130 msnm. Fueron pocos individuos pero suficientes para poder confirmar que ya alcanzaron esa cota.
- Las ciudades como Puebla y México empiezan a reportar un incremento de casos confirmados de dengue. Normalmente se concluía que eran importados, se trataba de personas que lo adquirían en zonas endémicas. Sin embargo el haber situado la presencia del vector en la ciudad de Puebla hace necesario revisar factores climáticos, isla de calor, precipitación, condiciones de suelo y paisaje que pueden estar relacionados directamente con la presencia del vector y que lo convierten en una amenaza si los escenarios de cambio climático continúan su trayectoria actual.
- Existe una relación positiva entre las variables climáticas y la presencia del vector (Tabla 4).

Tabla 4. Correlaciones entre la presencia del vector y variables climáticas, (tomado de Lozano et. al., 2012, modificado por los autores).

	Correlación
Presencia en el transecto (0 a 2130 msnm)	-0.736
Temp. Min/mes	0.682
Temp. Media/mes	-0.349
Precipitación/mes	0.607
Humedad relativa	0.680

En espacios poblacionales cercanos al altiplano mexicano, como lo son Río Blanco y Maltrata, se encontraron especímenes del vector que pasaron de centenas a unos cuantos individuos en una distancia lineal menor a los 100 km y con una diferencia en altitud cercana a los 500 metros. Este paso es el mismo que conecta el puerto de Veracruz con

la ciudad de México, siendo uno de los más importantes flujos de personas y mercancías del País, por lo que el sector económico contribuye a la presencia del vector una vez que la barrera climática sea vencida por el cambio climático y ceda a la presión del vector por encontrar un nicho más para prevalecer.

Las condiciones climáticas actuales en las ciudades del altiplano (mayores a los 2000 m.s.n.m.) humedad (clima seco, con precipitación anual entre 300 y 600m.m.), temperatura mínima (noches frías, inferiores a 5°C) inciden directamente para controlar de manera natural la presencia del vector, haciendo que aún los huevos o las larvas que hayan viajado hasta esos lugares tengan muy poca probabilidad de sobrevivir a tales condiciones, los inviernos fríos así como la variabilidad diaria de la temperatura son controles con impacto negativo en el vector.

REFERENCIAS

Benítez-Badillo, G., A. Hernández-Huerta, M.E. Equihua-Zamora, A. Medina-Chena, J.L. Álvarez-Palacios, S. Ibañez-Bernal y C. Delfín-Alonso. (2008). Biodiversidad y cambio climático. En: *Estudios para un Programa Veracruzano ante el Cambio Climático*. Universidad Veracruzana, Instituto Nacional de Ecología y Embajada Británica en México. Cap. 4 Impactos en el medio natural.

Bonilla Jiménez, E., 2012, “Influencia de la variabilidad climática en la distribución del Dengue en el transecto altitudinal comprendido entre Boca del Rio, Ver. y el valle de Puebla”. Tesis de Licenciatura en Geografía, Facultad de Economía y Geografía. Universidad Veracruzana.

CDC, 2010. (Centers for Disease Control and Prevention). The Dengue Update: Dengue, a Worldwide threat, volumen 1 No.1 . On-Line: http://www.cdc.gov/dengue/dengue_upd/resources/DengueUpdate.pdf

Christophers S. R. (1960). *Aedes Aegypti (L.)*. The Yellow Fever Mosquito. Its Life History, Bionomics and Structure. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Darsie R. F. Jr. y Ward R- A. (2005). Identification and Geographical Distribution of the Mosquitoes of North America, North of Mexico. Gainesville, FL: University Press of Florida.

Epstein, R. (1997). Climate, Ecology and Human health. Consequences 3. WHO/WMO/UNEP. EUA. pp. 1-24.

Giddings, L.E. Soto Margarita, Chappy Carlos, Gama Lilia (1998). ¿Qué tan conservado esta Veracruz?. Ciencia y Desarrollo Vol. XXIV. Num. 142, pp. 68 -71.

Hopp M.J., y Foley J.A. (2001). Global-scale relationships between climate and the dengue fever vector, *Aedes aegypti*. *Climatic Change* 48: 441–463.

Ibanez-Bernal S. (1987). Nuevo registro altitudinal de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae) en México. *Folia Entomologica Mexicana* 72, pp.163–164.

IPCC, 2001. (Intergubernamental Panel on Climate Change). Informe de síntesis, glosario de términos. Ginebra, Suiza. pp. 173-198.

IPCC, 2002. (Intergubernamental Panel on Climate Change). Climate Change and Biodiversity. IPCC Technical Paper V. UNEP-OMM.

IPCC, 2014. (Intergubernamental Panel on Climate Change). Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

Ize, I. (2007). Cambio climático y salud humana. INECC. México. On-Line: <http://www2.inec.gob.mx/publicaciones/gacetitas/367/cambiossalud.html>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2012). México en cifras – Información Nacional, por Entidad Federativa y Municipios. Veracruz Estado México. On-Line: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx>.

Koelle, K., Pascual, M. y Yunus, M. (2005). Pathogen adaptation to seasonal forcing and Climate change. *Proc. R. Soc. Bio. Sci.*, 272, pp. 971-977.

Lozano-Fuentes S., Hayden M.H., Welsh-Rodriguez, C., Ochoa-Martínez, C., Tapia-Santos, B., Kobylinski, K.C., Uejio, C.K., Zielinski-Gutierrez, E., Monache, L. D., Monaghan, A.J., Steinhoff, D.F. y Einsen, L. (2012). The Dengue Virus Mosquito Vector *Aedes aegypti* at High Elevation in México. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 87(5), pp. 902–909.

Machado-Machado, E. A. (2012). Empirical mapping of suitability to dengue fever in Mexico using species distribution modeling. *Applied Geography* 33, pp. 82-93.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2004). Elaboración de escenarios socioeconómicos para uso en evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación. Nueva York, Estados Unidos, pp. 44.

Secretaría de Salud (SS) (2001). Programa de acción: enfermedades transmitidas por vector. México, pp. 29-30.

Suarez M. F. y Nelson M. J., (1981). Registro de altitud del *Aedes aegypti* en Colombia. *Biomédica*, Vol. 1 No. 4, pp. 225.

Vásquez-Aguirre, J., Brunet, M. y Jones, P. (2009). Programa Veracruzano ante Cambio Climático. Variabilidad natural y detección instrumental del cambio climático. Gobierno del estado de Veracruz y Universidad Veracruzana. México.

World Health Organization (WHO) (2001). Climate and health. WHO information. Fac sheet N° 266, Geneva, Switzerland.