

# Influencia del evento climático *El Niño* sobre la dinámica de transmisión de dengue en Medellín, Antioquia, Colombia

Guillermo León Rúa Uribe<sup>1</sup>, David Alonso Calle Londoño<sup>2</sup>, Raúl Alberto Rojo Ospina<sup>3</sup>, Enrique Antonio Henao Correa<sup>4</sup>, William Hernán Sanabria González<sup>5</sup>, Carolina del Rosario Suárez Acosta<sup>6</sup>

## RESUMEN

**Introducción:** diferentes factores afectan la transmisión del dengue. En particular, juegan un papel importante las condiciones socioculturales y económicas. Además, se ha evidenciado que la variabilidad climática influye en la incidencia de la enfermedad al afectar la dinámica de población de los vectores y el período de incubación extrínseca del virus.

**Objetivo:** estudiar el papel de los indicadores oceánicos del evento El Niño en la dinámica de transmisión del dengue en la ciudad.

**Materiales y métodos:** para el análisis de la información se emplearon las escalas temporales de mes, semana y período epidemiológico.

**Resultados:** se observó que en los años posteriores a la ocurrencia del evento El Niño aumenta la incidencia de la enfermedad en la ciudad. Mediante un análisis de correlación cruzada se halló que dicha incidencia se asocia significativamente con la temperatura superficial del mar de la región El Niño 3,4, con un rezago de 3 a 6 meses.

**Conclusiones:** la información obtenida con el presente estudio es una herramienta epidemiológica importante que puede emplearse en los programas de control y para ayudar a mitigar el impacto de futuras epidemias de la enfermedad en Medellín.

## PALABRAS CLAVE

*Clima; El Niño Oscilación del Sur; Dengue; Epidemiología; Temperatura Ambiental*

---

<sup>1</sup> Líder, Grupo de Entomología Médica y Docente de la Facultad de Medicina de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

<sup>2</sup> Investigador asociado, Grupo de Entomología Médica, Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

<sup>3</sup> Coordinador, Programa Vectores y Zoonosis, Secretaría de Salud, Municipio de Medellín, Colombia.

<sup>4</sup> Líder, Programa Inspección, Vigilancia y Control, Secretaría de Salud, Municipio de Medellín, Colombia.

<sup>5</sup> Asistente, Programa Inspección, Vigilancia y Control, Secretaría de Salud, Municipio de Medellín, Colombia.

<sup>6</sup> Investigadora Asociada, Grupo de Entomología Médica. Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Correspondencia: Guillermo León Rúa Uribe; [gl\\_rua@hotmail.com](mailto:gl_rua@hotmail.com)

Recibido: septiembre 07 de 2011

Aceptado: abril 26 de 2012

## SUMMARY

### Influence of the El Niño climatic event on dengue transmission dynamics in Medellín, Antioquia, Colombia

**Introduction:** Dengue transmission is affected by different factors. Particularly, the socio-cultural and economic conditions play an important role in it. Additionally, it has been demonstrated that climatic variability influences the incidence of the disease by affecting the vector population dynamics and the extrinsic incubation period of the virus.

**Objective:** To study the role of the oceanic indicators of El Niño event in dengue transmission dynamics in the city.

**Materials and methods:** Three temporal scales were used for analysis of the information, namely: month, week and epidemiological period.

**Results:** An increase in dengue incidence was observed in the city in the years following the occurrence of the El Niño event. By means of a cross correlation analysis it was found that such incidence is significantly associated with the sea surface temperature (SST) of the El Niño 3.4 region, with a lag of 3 to 6 months.

**Conclusions:** The data obtained in this study become an important epidemiological tool, which may be used in dengue control programs and to help mitigate the impact of future disease epidemics in Medellín.

## KEY WORDS

*Climate; Dengue; El Niño-Southern Oscillation; Epidemiology; Temperature*

## INTRODUCCIÓN

El dengue en Colombia es quizá la enfermedad de transmisión vectorial más importante debido a su elevada tasa de letalidad y a que se distribuye ampliamente en importantes centros urbanos, poniendo en riesgo a varios millones de habitantes (1).

Diferentes factores afectan la dinámica de transmisión de la enfermedad (2). Las características sociales, culturales y económicas de la comunidad, así como

la biología del vector y del virus y la respuesta inmune del ser humano infectado influyen en la incidencia (3,4). Sin embargo, también se ha evidenciado que la variabilidad en las condiciones climáticas juega un papel importante en la transmisión del dengue (5,6). En particular, la ocurrencia de fenómenos climáticos extremos como el evento El Niño, al afectar las condiciones del clima regional, influyen en la incidencia de la enfermedad en diferentes países de la zona tropical (7,8).

Este fenómeno climático, cuyo nombre completo es *El Niño/Oscilación del Sur (ENOS)*, se ha considerado como el principal mecanismo modulador de la variabilidad climática global y nacional, a escala de tiempo interanual (9).

El evento ENOS es un conjunto de alteraciones en los patrones normales de circulación del océano y de la atmósfera, que cambia las condiciones ambientales a escala global (10). Este evento climático interanual, que se presenta a intervalos de dos a siete años, posee dos componentes: el oceánico, que se asocia con cambios en la *temperatura superficial del mar (TSM)* en el Océano Pacífico Tropical, y el componente atmosférico (Oscilación del Sur), que está relacionado con una fluctuación en la presión atmosférica que ocurre entre el occidente y el oriente del Océano Pacífico Tropical (11).

El componente oceánico tiene dos fases, una cálida y una fría. La fase cálida se conoce con el nombre de El Niño y se asocia con la aparición de corrientes oceánicas cálidas en las costas del océano Pacífico en América del Sur. La aparición de estas aguas cálidas fue identificada por los pescadores peruanos siglos atrás, quienes le dieron el nombre de El Niño, porque se observaba a finales de diciembre, cerca de la Navidad (12).

Posterior a la ocurrencia de El Niño (El Niño + 1 año) en algunas ocasiones se presenta el evento La Niña, que corresponde a la fase fría del fenómeno ENOS. La Niña posee características opuestas a El Niño, es decir, las corrientes oceánicas en el Océano Pacífico Tropical se tornan frías (12).

Para facilitar el análisis del impacto del evento ENOS sobre la variabilidad climática global, se ha dividido en cuatro regiones el área geográfica del Océano Pacífico Tropical en donde se genera este fenómeno

climático. Estas regiones son: El Niño 4, El Niño 3,4, El Niño 3 y El Niño 1+2; esta última es la más próxima al continente americano (13).

Se ha considerado que la asociación evidenciada entre la variabilidad climática y la transmisión de dengue ocurre debido al impacto que presentan los cambios en las condiciones climáticas, en particular los incrementos en la temperatura ambiental, sobre el período de incubación extrínseca del virus y sobre la dinámica de población del vector (5-7).

En el presente trabajo se analizó estadísticamente la asociación de la variabilidad climática registrada mediante la TSM para las diferentes regiones del evento El Niño y el número de casos de dengue notificados en la ciudad durante el período 2001 a 2010. En este análisis temporal se incluyeron las epidemias de 2003, 2007 y 2010.

El presente análisis es una primera aproximación al efecto de la variabilidad climática sobre la dinámica de la transmisión del dengue en Medellín, información de gran aplicabilidad por parte de las autoridades de salud para el desarrollo de programas oportunos y adecuados de prevención y control de la enfermedad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Casos de dengue:** la ocurrencia de un caso de dengue en Colombia es un evento de notificación obligatoria. Las diferentes instituciones prestadoras de salud (IPS) deben remitir la información a la Secretaría de Salud correspondiente, que la incorpora al sistema de vigilancia epidemiológica (SIVIGILA). Para el presente análisis, el número de casos de la enfermedad que se empleó se obtuvo a partir de la Secretaría de Salud de Medellín. Esta información correspondió a los casos registrados desde la semana epidemiológica número 1 del año 2001 hasta la semana 52 de 2010. Se incluyeron en total 520 semanas epidemiológicas. Con el empleo de los calendarios de las semanas epidemiológicas y con la fecha de notificación de los casos, se ubicaron estos en los meses correspondientes. Los casos procedieron de las 16 comunas y de tres de los corregimientos de la ciudad (San Cristóbal, San Antonio de Prado y Altavista). Los demás corregimientos (Palmitas y Santa Elena) no cuentan

con las condiciones ecoepidemiológicas requeridas para que ocurra la transmisión del dengue.

**Información climática:** a partir de las páginas electrónicas de la agencia americana NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) se obtuvo la serie temporal de datos de la TSM para las diferentes regiones geográficas del evento El Niño. Para los análisis se tuvieron en cuenta tanto el valor absoluto de la TSM como el de las anomalías correspondientes. El registro de datos climáticos se obtuvo a escala mensual para el período enero de 2001 a diciembre de 2010.

**Análisis de la información:** con el propósito de reducir las grandes diferencias que se presentan en el interior de una serie de datos, se aplicó el método de estandarización, que consistió en lo siguiente: 1) organizar los registros a escala de semana epidemiológica; 2) obtener la media y la desviación estándar para cada semana epidemiológica; 3) restar a cada registro el valor de la media correspondiente a esa semana epidemiológica y dividirlo por la desviación estándar de dicha semana.

Para el análisis de la relación entre la variabilidad climática y la incidencia de dengue, esta última variable se determinó a escala mensual. La serie de datos para calcular las asociaciones ascendió a 120 meses, es decir, 10 años de información climática y epidemiológica.

Para comparar el número de casos y la TSM entre diferentes períodos climáticos, se obtuvo, para cada una de estas variables, el promedio de los valores registrados durante el evento El Niño y se compararon con aquellos notificados un año después. Se calculó un intervalo de confianza del 95% para cada uno de estos promedios y se empleó la prueba ANOVA para determinar la diferencia estadística entre los períodos El Niño y El Niño + 1 año.

Para la búsqueda de asociaciones entre las series históricas de variables climatológicas y la incidencia de dengue, se hizo un análisis de normalidad y se determinaron los valores de la *función de correlación cruzada* (CCF, por su sigla en inglés). Para los análisis de los datos se empleó el software estadístico SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*).

## RESULTADOS

**Comparación del número de casos y de la TSM entre diferentes períodos climáticos:** en la figura 1 se observa que durante el año posterior a la ocurrencia del evento El Niño se presentan en promedio más casos de dengue en la ciudad. Sin embargo, debido a la variabilidad mensual en el número de casos, no se observó diferencia estadística entre ambos períodos climáticos. El número mínimo de casos mensuales durante los períodos El Niño y El Niño +1 año fue respectivamente 32 y 26, mientras que el número máximo para estos períodos fue 1.710 y 3.142 casos mensuales, respectivamente.

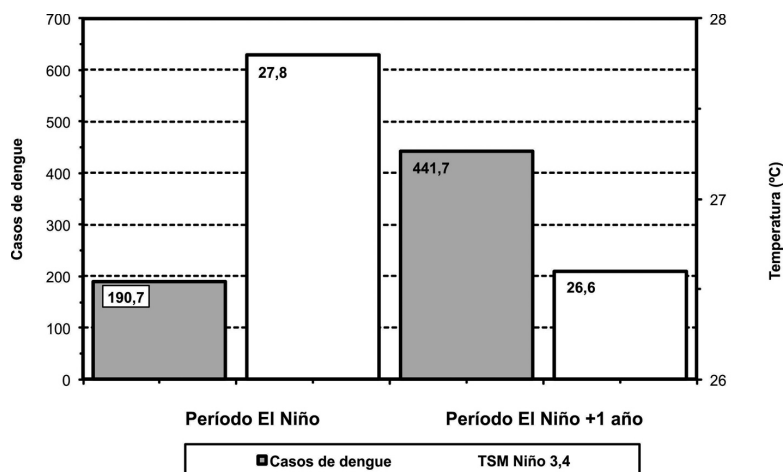
El comportamiento observado de la TSM fue diferente a lo registrado para el número de casos: para el evento El Niño, la TSM fue diferente estadísticamente con respecto al período posterior; esta fue mayor en algo más de un grado Celsius con relación al período El Niño +1 año (figura 1).

**Distribución temporal de los casos de dengue y la TSM:** como puede evidenciarse en la figura 2, en la ciudad, en los últimos diez años, se han presentado tres epidemias de dengue. La primera epidemia del pasado decenio se registró en 2003, cuando se notificó un total de 2.623 casos. El pico máximo de

esta epidemia se reportó en el mes de septiembre, con cerca de 340 casos. Posteriormente, en 2007, se reportó una epidemia muy similar a la de 2003. En ella se notificaron 2.427 casos, y el mes de máxima transmisión también fue septiembre, con 340 casos (figura 2A). La última epidemia registrada en la ciudad fue la de 2010. Esta epidemia no ha tenido precedentes, ya que en ella se notificó un total de 17.589 casos, lo cual representó un incremento de más de 600% con respecto a las epidemias anteriores. El mes de máxima transmisión en la epidemia de 2010 fue julio, con más de 3.100 casos (figura 2B), lo cual superó el número de casos notificados en todo el año durante las epidemias de 2003 y 2007.

En la figura 2A es posible observar además que en los años no epidémicos, al igual que en los epidémicos, en los meses de septiembre se registraron incrementos en la transmisión de dengue en la ciudad.

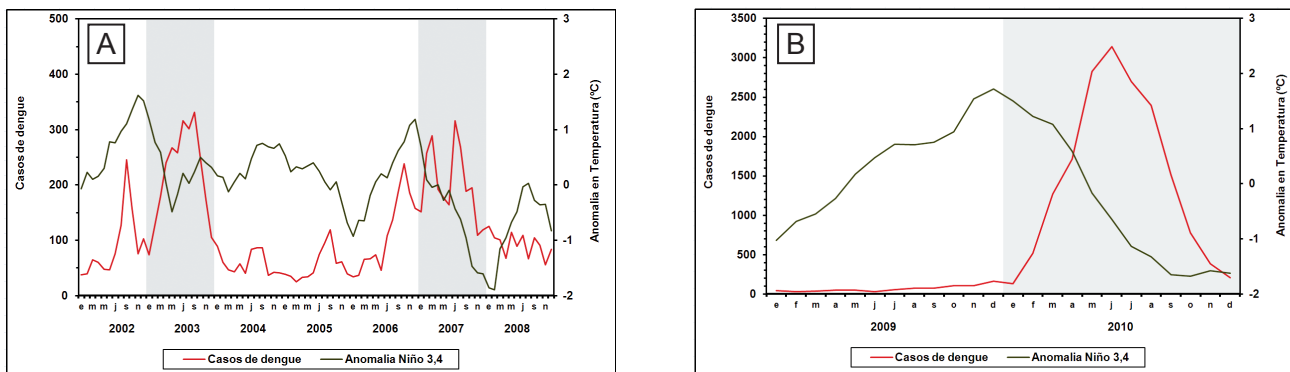
Al analizar la distribución de la serie temporal de casos de dengue (figuras 2A y 2B), se puede observar que el último período interepidémico fue menor que el período que le antecedió: se detectó una reducción de 4 a 3 años. Sin embargo, se requiere analizar una serie de datos de mayor extensión para poder precisar que los períodos interepidémicos muestran una tendencia a la reducción.



**Figura 1.** Comparación del número de casos de dengue en Medellín y la temperatura superficial del mar (TSM) entre los períodos climáticos El Niño y El Niño +1 año. En barras se indican los intervalos de confianza del 95%

También en la figura 2 se puede observar la distribución temporal de la anomalía de la TSM de la región El Niño 3,4. Analizando el comportamiento de esta anomalía, se encuentra que en los años 2002, 2006 y 2009 se registraron valores superiores a 1°C. Coincidentalmente, los períodos en que se registraron estos valores precedieron a los años en que se presentaron las epidemias de dengue en la ciudad.

**Asociación entre los casos de dengue y la TSM:** en la tabla 1 se presentan los valores de la correlación cruzada entre la TSM y los casos de dengue. Los rezagos por meses indican el análisis de no simultaneidad temporal entre ambas variables: el número de casos es el que presenta el rezago con respecto a la TSM.



**Figura 2.** Comportamiento temporal del número de casos de dengue en Medellín y la anomalía en la temperatura superficial del mar (TSM). A. Comportamiento de ambas variables entre los años 2002 y 2008. B. Comportamiento de ambas variables entre los años 2009 y 2010. Las áreas sombreadas corresponden a los años epidémicos 2003, 2007 y 2010. Se indica en la figura la asociación con rezago entre ambas variables

**Tabla 1. Valores de correlación cruzada entre la temperatura superficial del mar (TSM) y el número de casos de dengue en Medellín**

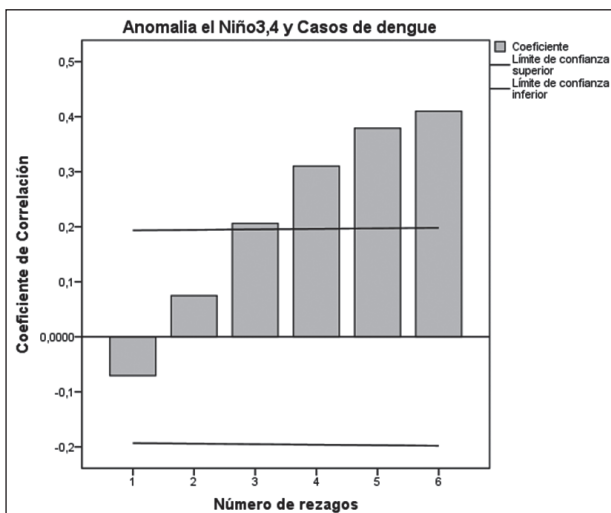
CCF de casos de dengue con	Rezagos (meses)*						
	0	1	2	3	4	5	6
TSM El Niño 1+2	-0,13	0,01	0,13	0,20	0,22†	0,18	0,10
Anomalía El Niño 1+2	-0,19	-0,10	-0,03	0,03	0,03	0,11	0,16
TSM El Niño 3	-0,10	0,06	0,19	0,27†	0,28†	0,25†	0,19
Anomalía El Niño 3	-0,21	-0,08	0,04	0,16	0,25†	0,33†	0,37†
TSM El Niño 3,4	-0,11	0,04	0,16	0,25†	0,29†	0,30†	0,28†
Anomalía El Niño 3,4	-0,21†	-0,07	0,08	<b>0,21†</b>	<b>0,31†</b>	<b>0,38†</b>	0,41†
TSM El Niño 4	-0,11	-0,01	0,09	0,16	0,21†	0,24†	0,27†
Anomalía El Niño 4	-0,17	-0,03	0,09	0,19	0,27†	0,31†	0,33†

\* Los rezagos por meses indican la asociación no simultánea temporalmente entre ambas variables, en donde los casos son posteriores a la TSM

† Valor p de CCF estadísticamente significativo

Mediante el análisis de CCF (tabla 1) se observó que diferentes regiones de la TSM mostraron asociación estadísticamente significativa con el número de casos de dengue, con rezagos entre tres y seis meses. De los diferentes valores de CCF observados, la anomalía El Niño 3,4 mostró los mayores índices de correlación. Y a pesar de que estos no presentan una gran magnitud, la asociación estadística observada permite que tenga gran aplicación para el desarrollo de los programas de control.

En la figura 3 se presentan los valores de la correlación para diferentes rezagos mensuales de la asociación entre la TSM de El Niño 3,4 y la transmisión del dengue. Se puede evidenciar la asociación estadísticamente significativa entre ambas variables, con rezago de tres a seis meses: las anomalías en la TSM de El Niño 3,4 son las que preceden al número de casos de la enfermedad.



**Figura 3.** Correlación cruzada entre la anomalía en la temperatura superficial del mar (TSM) de la región El Niño 3,4 y el número de casos de dengue en Medellín. Las líneas horizontales indican los intervalos de confianza del 95%

## DISCUSIÓN

La dinámica de transmisión del dengue es afectada por múltiples factores entre los cuales se encuentran la circulación simultánea de los serotipos del virus,

la inmunidad humana, la biología del vector y del virus y la variabilidad climática (2-4). Sin embargo, instituciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Grupo Intergubernamental de Expertos en el Cambio Climático (IPCC) consideran que el clima juega un papel importante en la distribución espacial y temporal de la incidencia de la enfermedad, por afectar, directa o indirectamente, variables climáticas como la humedad, la precipitación y la temperatura ambiental, las cuales influyen en la dinámica de población de los vectores y virus (9,14-17). Se ha reportado que entre los elementos de la dinámica de transmisión más sensibles a cambios en las condiciones ambientales y que afectan la incidencia de la enfermedad se pueden considerar la duración del período de incubación extrínseca del virus y la densidad, longevidad y frecuencia de picadura del vector (18-20).

En el presente estudio se evidenció que la dinámica de transmisión del dengue en la ciudad de Medellín es afectada por el evento climático El Niño. En particular, se observó que las epidemias de la enfermedad en la ciudad fueron antecedidas por incrementos en la TSM, y se halló una relación estadísticamente significativa entre el número de casos y la anomalía en la TSM en la región Niño 3,4. Esta información se convierte en un punto de partida importante para incrementar el conocimiento de la dinámica del dengue en la ciudad y contribuir al desarrollo de estrategias adecuadas para la vigilancia, prevención y control de la enfermedad en Medellín.

El impacto de la variabilidad climática sobre la incidencia del dengue también ha sido documentado recientemente en países cercanos como Venezuela (21), Costa Rica (22), Puerto Rico (23) y México (24,25), y en otros más distantes como Indonesia (26) y Australia (27). Las asociaciones El Niño/dengue registradas por estos diferentes investigadores se corresponden aproximadamente con las reportadas en el presente estudio.

En particular, en la investigación hecha en Caracas, Venezuela, por Rifakis y colaboradores (21), se observó que durante los meses del evento El Niño, la incidencia de la enfermedad se encontró por debajo del promedio en cerca de un 67%, mientras



que durante La Niña, se incrementó la transmisión de dengue en un 60%. Similares resultados se registraron en Medellín, en donde la mayor incidencia no correspondió exactamente a los meses de El Niño. El período de mayor transmisión en la ciudad se asoció con el evento El Niño +1 año.

Esta relación evidenciada en Medellín entre la incidencia del dengue y el período El Niño +1 difiere de la registrada para Colombia, en donde los estudios de Poveda y colaboradores han indicado que la incidencia de la enfermedad se relaciona directamente con el año de ocurrencia del evento climático cálido (9,14). Es posible que la diferencia observada entre ambos estudios se deba a la escala geográfica de los análisis. Mientras que en los estudios de Poveda y colaboradores se analizaron conjuntamente amplias áreas con diferentes condiciones ecoepidemiológicas, en el presente estudio se trabajó a una escala geográfica baja, en la cual la dinámica de transmisión de la enfermedad es relativamente homogénea.

En este estudio también se observó que incrementos en la TSM anteceden entre tres y seis meses a los aumentos en la incidencia de dengue en la ciudad. Se podría emplear esta información para el diseño de estrategias de mitigación de la enfermedad antes de que surjan las epidemias de dengue. En México (28), Tailandia (29) y Australia (27) se han realizado estudios similares en los que se propone la variación en las condiciones macroclimáticas como un indicador de incidencia de la enfermedad. En estos estudios se ha considerado que la asociación significativa entre dicha incidencia y elementos macroclimáticos como la TSM o el ONI (Índice de El Niño Oceánico, por sus siglas en inglés), podría emplearse para el desarrollo de modelos en pro de la vigilancia y prevención del dengue.

Aunque la dinámica de transmisión del dengue es un evento multicausal, el presente estudio permitió evidenciar el impacto potencial de variables macroclimáticas como la TSM sobre la incidencia de dengue en la ciudad. Esta información se convierte en un elemento epidemiológico importante que se podrá emplear para el diseño de medidas de control adecuadas y oportunas para la mitigación de la enfermedad en Medellín.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar sus agradecimientos a la Secretaria de Salud de Medellín (SSM) por la amable diligencia en la facilitación de los datos de dengue. Al Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) por el apoyo a través de la REDSAT DENGUE (Código 209RT0384). Al Comité para el Desarrollo de la Investigación de la Universidad de Antioquia (Proyecto IIM 2469). A Luis Gonzalo Álvarez por su contribución en el reanálisis de la información. A Rita Almanza Payares de la SSM, y a Boris Zuleta y Wilber Gómez del Grupo Entomología Médica (GEM) de la Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia, por la revisión crítica del documento final.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SIVIGILA Sistema de Vigilancia en Salud Pública. Comportamiento por regiones del dengue en el 2001. Boletín Epidemiológico Semanal. 2002;(2).
2. Gubler DJ. Dengue and dengue hemorrhagic fever. Clin Microbiol Rev. 1998 Jul;11(3):480-96.
3. Carbajo AE, Curto SI, Schweigmann NJ. Spatial distribution pattern of oviposition in the mosquito *Aedes aegypti* in relation to urbanization in Buenos Aires: southern fringe bionomics of an introduced vector. Med Vet Entomol. 2006 Jun;20(2):209-18.
4. Bisset Lazcano JA, Marquetti M del C, Portillo R, Rodríguez MM, Suárez S, Leyva M. [Ecological factors linked to the presence of *Aedes aegypti* larvae in highly infested areas of Playa, a municipality belonging to Ciudad de La Habana, Cuba]. Rev Panam Salud Publica. 2006 Jun;19(6):379-84.
5. Gubler DJ, Reiter P, Ebi KL, Yap W, Nasci R, Patz JA. Climate variability and change in the United States: potential impacts on vector- and rodent-borne diseases. Environ Health Perspect. 2001 May;109 Suppl:223-33.
6. Hales S, Weinstein P, Woodward A. Dengue fever epidemics in the South Pacific: driven by El Niño Southern Oscillation? Lancet. 1996 Dec 14;348(9042):1664-5.
7. Nicholls N. El niño-southern oscillation and vector-borne disease. Lancet. 1993 Nov 20;342(8882):1284-5.

8. Suárez C, Almanza R, Rúa-Uribe G. Análisis retrospectivo de la incidencia de dengue en Medellín, Antioquia-Colombia, periodo 2001-2007. *Revista Salud Pública de Medellín*. 2008;3(2):37-47.
9. Poveda G, Rojas W, Quiñones ML, Vélez ID, Mantilla RI, Ruiz D, et al. Coupling between annual and ENSO timescales in the malaria-climate association in Colombia. *Environmental health perspectives*. 2001 May;109(5):489-93.
10. Allan R. ENSO and Climatic Variability in the past 150 years. *El Niño and the southern oscillation: multiscale variability and global and regional impacts*. New York: Cambridge University Press; 2000. p. 3-56.
11. Wang HJ, Zhang RH, Cole J, Chavez F. El Niño and the related phenomenon Southern Oscillation (ENSO): the largest signal in interannual climate variation. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1999 Sep 28;96(20):11071-2.
12. Suplee C. El Niño/La Niña Nature's Vicious Cycle. *National Geographic Magazine*. 1999;81-83.
13. NOAA. NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration [Internet]. NOAA; [cited 2011 Mar 17]. Available from: <http://www.noaa.gov/>
14. Poveda G, Graham NE, Epstein PR, Rojas W, Quiñones ML, Vélez ID. Climate and ENSO Variability Associated with Vector-Borne Diseases in Colombia. *El Niño and the southern oscillation: multiscale variability and global and regional impacts*. New York: [321](http://www.amazon.com/Ni%25f1o-Southern-Oscillation-Multiscale-Variability/dp/0521621380/ref=sr_1_3?ie=UTF8&qid=1343614703&sr=8-3&keywords=El+Ni%C3%B1o+and+the+southern+oscillation%3A+multiscale+variability+and+global+and+regional+impacts; 2000. p. 183-204.</a></li>
<li>15. Bouma MJ, Poveda G, Rojas W, Chavasse D, Quiñones M, Cox J, et al. Predicting high-risk years for malaria in Colombia using parameters of El Niño Southern Oscillation. <i>Trop Med Int Health</i>. 1997 Dec;2(12):1122-7.</li>
<li>16. Haile DG. Computer simulation of the effects of changes in weather patterns on vector-borne disease transmission. The potential effects of global climate change in the United States. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency; 1989.</li>
<li>17. Poveda G, Rojas W. Evidencias de la asociación entre brotes epidémicos de malaria en Colombia y el fenómeno El Niño-oscilación del Sur. <i>Revista de la Academia Colombiana de Ciencias</i>. 1997;21(81):421-9.</li>
<li>18. Focks DA, Haile DG, Daniels E, Mount GA. Dynamic life table model for <i>Aedes aegypti</i> (Diptera: Culicidae): analysis of the literature and model development. <i>J Med Entomol</i>. 1993 Nov;30(6):1003-17.</li>
<li>19. Tun-Lin W, Burkot TR, Kay BH. Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector <i>Aedes aegypti</i> in north Queensland, Australia. <i>Med Vet Entomol</i>. 2000 Mar;14(1):31-7.</li>
<li>20. Watts DM, Burke DS, Harrison BA, Whitmire RE, Nisalak A. Effect of temperature on the vector efficiency of <i>Aedes aegypti</i> for dengue 2 virus. <i>Am J Trop Med Hyg</i>. 1987 Jan;36(1):143-52.</li>
<li>21. Rifakis P, Gonçalves N, Omaña W, Manso M, Espidel A, Intingaro A, et al. Asociación entre las variaciones climáticas y los casos de dengue en un hospital de Caracas, Venezuela, 1998-2004. <i>Rev Peru Med Exp Salud Pública</i>. 2005;22(3):183-190.</li>
<li>22. Fuller DO, Troyo A, Beier JC. El Niño Southern Oscillation and vegetation dynamics as predictors of dengue fever cases in Costa Rica. <i>Environ Res Lett</i>. 2009 Mar 4;4:140111-8.</li>
<li>23. Jury MR. Climate influence on dengue epidemics in Puerto Rico. <i>Int J Environ Health Res</i>. 2008 Oct;18(5):323-34.</li>
<li>24. Johansson MA, Cummings DAT, Glass GE. Multiyear climate variability and dengue--El Niño southern oscillation, weather, and dengue incidence in Puerto Rico, Mexico, and Thailand: a longitudinal data analysis. <i>PLoS Med</i>. 2009 Nov;6(11):e1000168.</li>
<li>25. Brunkard JM, Cifuentes E, Rothenberg SJ. Assessing the roles of temperature, precipitation, and ENSO in dengue re-emergence on the Texas-Mexico border region. <i>Salud Publica Mex</i>. 2008;50(3):227-34.</li>
<li>26. Bangs MJ, Larasati RP, Corwin AL, Wuryadi S. Climatic factors associated with epidemic dengue in Palembang, Indonesia: implications of short-term meteorological events on virus transmission. <i>Southeast Asian J Trop Med Public Health</i>. 2006 Nov;37(6):1103-16.</li>
<li>27. Hu W, Clements A, Williams G, Tong S. Dengue fever and El Niño/Southern Oscillation in Queensland, Australia: a time series predictive model. <i>Occup Environ Med</i>. 2010 May;67(5):307-11.</li>
</ol>
</div>
<div data-bbox=)



28. Hurtado-Díaz M, Riojas-Rodríguez H, Rothenberg SJ, Gomez-Dantés H, Cifuentes E. Short communication: impact of climate variability on the incidence of dengue in Mexico. *Trop Med Int Health*. 2007 Nov;12(11):1327–37.

29. Tipayamongkholgul M, Fang C-T, Klinchan S, Liu C-M, King C-C. Effects of the El Niño-southern oscillation on dengue epidemics in Thailand, 1996-2005. *BMC Public Health*

