

## Interacción de variables climáticas con el dengue y el mosquito *Aedes aegypti* en el municipio Camagüey

### Interaction of weather variables with dengue and *Aedes aegypti* in the municipality of Camagüey

José Aureliano Betancourt Bethencourt,<sup>I</sup> Juan Jesús Llambias Peláez,<sup>II</sup> Elizabeth Nicolau Pestano,<sup>I</sup> Cira León Ramentol<sup>I</sup>

<sup>I</sup> Universidad de Ciencias Médicas. Camagüey, Cuba.

<sup>II</sup> Dirección Provincial de Salud. Camagüey, Cuba.

---

#### RESUMEN

**Introducción:** un sistema de vigilancia con alerta temprana para brotes epidémicos, podría incrementar la eficiencia de las campañas de control del vector para retardar o impedir la dispersión epidémica del dengue, reduciendo así el impacto de la enfermedad.

**Objetivo:** mostrar la interacción de variables climáticas sobre el dengue y su vector, el mosquito *Aedes aegypti*.

**Métodos:** el presente estudio retrospectivo se realizó en el municipio Camagüey de enero a diciembre del año 2015. Las variables climáticas, nubosidad, velocidad del viento, punto de rocío, humedad, temperatura y precipitaciones promedios de esta área se obtuvieron de una página web libre. Los casos de febriles sospechosos de dengue y estadios inmaduros de *Ae. aegypti* detectados en el municipio Camagüey se obtuvieron de los registros de la Dirección Provincial de Epidemiología. Se trabajó con el programa libre R. Se estableció correlación de las variables climáticas con la presentación de casos y estadios larvarios de *Ae. Aegypti*. Se valoró mediante regresión lineal simple el efecto de las variables climáticas sobre casos y estadios larvarios de *Ae. aegypti*.

**Resultados:** salvo la velocidad del viento, las demás variables climáticas tuvieron una correlación positiva con la presentación de casos y estadios larvarios de *Ae. Aegypti*. Se evidenció la relación de las variables climáticas sobre casos y estadios larvarios de *Ae. aegypti* con un modelo de regresión lineal. Se pudo observar estacionalidad de las variables climáticas en el quinquenio 2011-2015.

**Conclusiones:** se evidencia la relación de las variables climáticas con el dengue y su vector el mosquito *Ae. aegypti*.

**Palabras clave:** dengue; *Aedes aegypti*; vigilancia; predicción; variables climáticas.

---

## ABSTRACT

**Introduction:** an early warning surveillance system for epidemic outbreaks could enhance the efficiency of vector control campaigns and either delay or stop the epidemic spread of dengue, reducing the impact of the disease.

**Objective:** describe the effect of weather variables on dengue and its vector, the *Aedes aegypti* mosquito.

**Methods:** the present retrospective study was conducted in the municipality of Camagüey from January to December 2015. Mean values for the weather variables cloud cover, wind speed, dew point, humidity, temperature and precipitation for this area were obtained from a free web page. Data on feverish cases suspected of dengue infection and immature *Aedes aegypti* detected in the municipality of Camagüey were obtained from records kept at the Provincial Epidemiology Division. The free software R was used to determine the correlation between weather variables and detection of suspected cases and larval *Ae. aegypti*. The effect of weather variables on cases and larval *Aedes aegypti* was assessed by simple linear regression.

**Results:** except for wind speed, weather variables had a positive correlation with suspected cases and larval *Ae. aegypti*. A linear regression model was used to determine the relationship of weather variables to cases and larval *Ae. aegypti*. Seasonality of weather variables was observed in the five-year period 2011-2015.

**Conclusions:** a relationship was found between weather variables and dengue and its vector, the *Ae. aegypti* mosquito.

**Keywords:** dengue; *Aedes aegypti*; surveillance, prediction; weather variables.

---

## INTRODUCCIÓN

El dengue es una enfermedad de gran importancia para la salud pública en las áreas tropicales y subtropicales donde 50 y 100 millones de casos ocurren cada año.<sup>1-3</sup> De presentación esporádica, ha emergido como una de las enfermedades que más afectan a la salud pública, se manifiesta con importantes impactos sociales y económicos dada su actual dispersión, alta morbilidad y significativa mortalidad de los casos severos.<sup>4</sup>

Un sistema de vigilancia con alerta temprana para brotes epidémicos, podría incrementar la eficiencia de las campañas de control del vector para retardar o impedir la dispersión epidémica del dengue, reduciendo así el impacto de la enfermedad.<sup>5,6</sup> Estos sistemas de vigilancia deben: a) identificar y cuantificar las relaciones entre el dengue y las variables climáticas, b) lograr el modelo con mayor

---

parsimonia, c) alcanzar un sistema de vigilancia sustentable capaz recabar datos diarios o semanales de manera transparente y asequible a epidemiólogos e investigadores.<sup>7</sup>

Para la vigilancia epidemiológica en Cuba se plantea la necesidad de mejorar las estadísticas, la disponibilidad de información, la vigilancia y el conocimiento de las proyecciones futuras, por lo que tienen que conducir estudios para determinar la vulnerabilidad en el sector de la salud en unidades espaciales pequeñas, en particular, se debe continuar profundizando en las investigaciones dirigidas al estudio de los efectos de los cambios climáticos en las enfermedades de transmisión vectorial.<sup>8</sup>

Las condiciones meteorológicas se consideran uno de los más importantes factores relacionados con la dispersión de brotes epidémicos de dengue; entre las variables climáticas de mayor influencia se reportan la elevación de la temperatura, humedad y volumen de precipitaciones.<sup>9,10</sup>

De acuerdo con algunas investigaciones analizadas, una de las maneras más efectivas de lograr acertadas predicciones son aquellas basadas en modelos de series de tiempo que pueden proveer de informaciones útiles y acertadas para apoyar la toma de decisiones y las diferentes intervenciones.<sup>11</sup>

De igual manera están emergiendo los modelos matemáticos que pueden simular la dinámica de transmisión del dengue, y el comportamiento de las poblaciones del *Aedes aegypti* y de las personas afectadas; este tipo de modelo puede ser una herramienta a tener en cuenta para apoyar de forma científica la toma de decisiones en los programas de vigilancia y control.<sup>12</sup>

El objetivo del presente trabajo radica en mostrar la interacción de variables climáticas sobre el dengue y su vector el mosquito *Ae. aegypti*.

## MÉTODOS

El presente estudio observacional, transversal y analítico, tuvo lugar en el municipio Camagüey de enero a diciembre del año 2015. Las variables climáticas de esta área se obtuvieron de la página web de acceso libre <https://www.wunderground.com/history/>; las de mayor interés para este estudio fueron, nubosidad, velocidad del viento, punto de rocío, humedad, temperatura y precipitaciones promedios. Se definió como sospechoso de dengue, a toda persona con síndrome febril agudo, donde había antecedentes epidemiológicos de otros casos dengue y presencia del vector. Además, la presencia de diferentes estadios larvarios de *Ae. aegypti* en el municipio Camagüey fue obtenida de los registros de la Dirección Provincial de Epidemiología; por otra parte, se analizó la estacionalidad de las variables climáticas en el quinquenio 2011-2015.

Los análisis se realizaron con el programa libre R.<sup>13</sup> Se estableció correlación de las variables climáticas con la presentación de casos y estadios larvarios de *Ae. aegypti* con el paquete sjPlot.<sup>14</sup> Para facilitar el análisis se redujeron las dimensiones de tres variables climáticas: temperatura, humedad y punto de rocío a un constructo mediante la técnica de componentes principales; los casos sospechosos de dengue y estadios larvarios de *Ae. aegypti* se redujeron a otro constructo, esta técnica se trabajó con el paquete FactoMineR.<sup>15</sup> Con el paquete sjPlot se correlacionaron estos dos constructos y se valoró mediante regresión lineal simple el efecto del

constructo formado por las variables climáticas sobre el constituido por casos y estadios larvarios de *Ae. aegypti*. Además, se realizó un pronóstico para el 2016 sobre el probable comportamiento de casos y estadios larvarios de *Ae. aegypti* con el modelo generalizado de mínimos cuadrados con el paquete nlme,<sup>16</sup> basado en algunos datos climáticos seleccionados del 2015.

## RESULTADOS

La única variable climática que no favoreció la presentación de estadios larvarios de *Ae. aegypti* y de casos sospechosos de dengue fue la velocidad del viento (tabla); las demás variables tuvieron una correlación positiva. Por supuesto, hubo alta correlación significativamente estadística entre casos sospechosos de dengue y la presencia de estadios larvarios de *Ae. aegypti*.

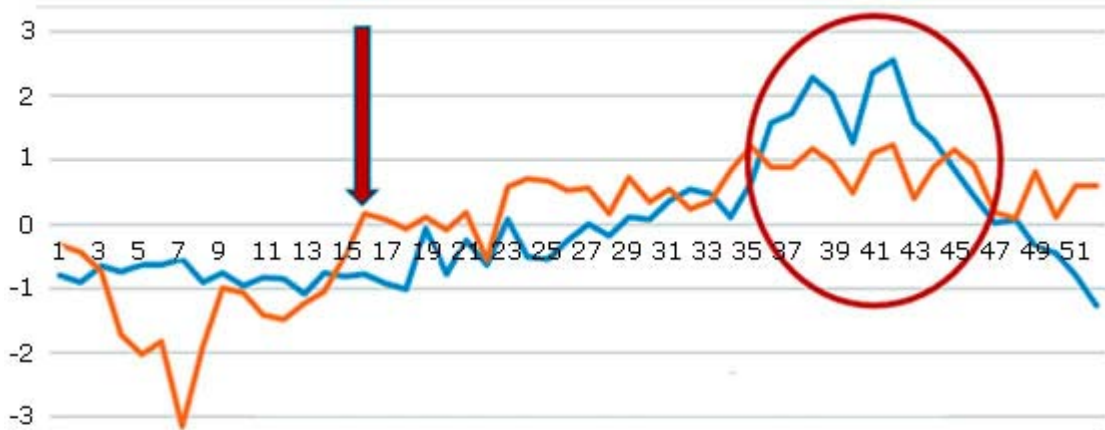
**Tabla.** Correlación de las variables climáticas con la presentación de casos y presencia de depósitos con estadios inmaduros de *Ae. aegypti* durante el año 2015 en el municipio Camagüey, Cuba

	Casos sospechosos	Depósitos detectados con estadios inmaduros
Depósitos con larvas		0.800***
Nubosidad	0,395**	0,425**
Velocidad media del viento	-0,442***	-0,447***
Punto de rocío medio	0,842***	0,659***
Humedad media	0,606***	0,366**
Precipitación media	0,487***	0,495***
Temperatura media	0,556***	0,454***

\*\*\*  $p < 0,001$ ; \*\*  $p < 0,05$ .

Fuente: <https://www.wunderground.com/history/y registros del CPHE>

Las series de tiempo conformadas por los constructos casos-estadios larvarios y variables climáticas (Fig. 1), mostraron un aumento del valor de las variables climáticas a partir de la semana 35; coincidentemente se manifestó una elevación exponencial de casos de sospechas dengue y estadios larvarios de *Ae. aegypti*. Se comprobó con el modelo de regresión lineal, el efecto de las variables climáticas sobre la cantidad de atenciones por sospechas de dengue y presencia de estadios larvarios de *Ae. aegypti*.

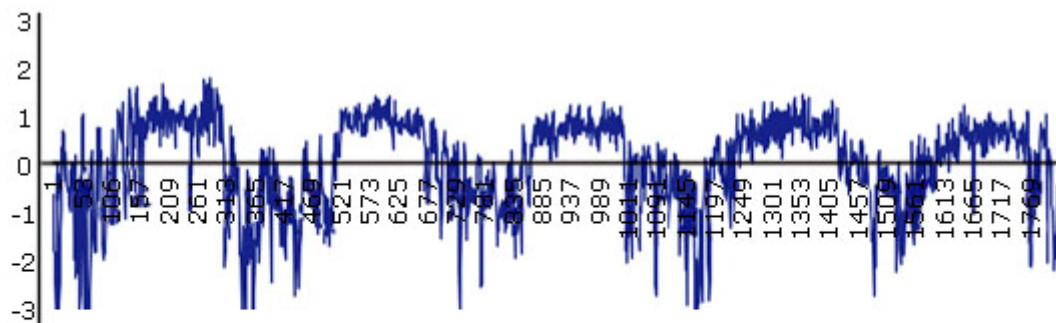


Correlación 0,70\*\*\*; regresión  $r^2 = 0,38$ ;  $p < 0,001$ .

Fuente: <https://www.wunderground.com/history/y> registros del CPHE

**Fig. 1.** Comportamiento en el tiempo de variables climáticas (temperatura, humedad y punto de rocío, en color naranja), en relación con la presentación de sospechosos de dengue y depósitos detectados con estadios inmaduros de *Ae. aegypti* (en color azul) durante el año 2015 en el municipio Camagüey, Cuba.

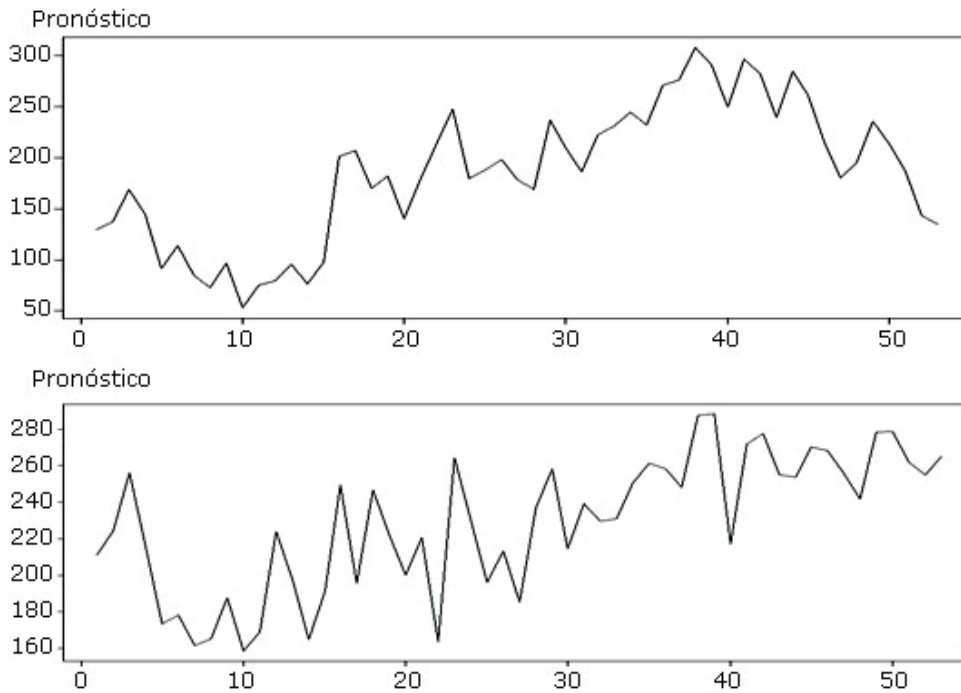
El análisis del comportamiento climático del quinquenio 2010-2015 (Fig. 2) mostró una clara estacionalidad con aumento de la intensidad de las variables entre mayo a septiembre.



Fuente: <https://www.wunderground.com/history/>

**Fig. 2.** Patrón climático del periodo del 2010 al 2015 del constructo formado por las variables climáticas diarias: temperatura media, humedad media y promedio de punto de rocío que reflejan clara estacionalidad durante ese quinquenio en el municipio Camagüey, Cuba.

En la figura 3 se muestran las probabilidades de comportamiento de acuerdo con el modelo utilizado, de casos sospechosos y estadios larvarios de *Ae. aegypti* en el siguiente año 2016 según el patrón climático del 2015.



Fuente: <https://www.wunderground.com/history/y> registros del CPHE

**Fig. 3.** Pronóstico para el 2016 en el municipio Camagüey sobre el futuro comportamiento de sospechosos de dengue (encima) y de estadios inmaduros de *Ae. aegypti* (debajo) con un modelo generalizado de mínimos cuadrado que tuvo en cuenta el pasado comportamiento de las variables meteorológicas.

## DISCUSIÓN

Es de interés de los autores en el presente artículo, mostrar las potencialidades de utilizar los datos del clima para anteceder el aumento de mosquitos *Ae. aegypti* en sus diferentes estadios, así como la elevación de casos de personas con sospechas de dengue. Este aspecto es de gran importancia en la formación de recursos humanos.

Las informaciones de clima y de otras variables interactúan de manera compleja (no lineal) y pueden recogerse en diferentes modelos matemáticos para comprender la dinámica de la transmisión, capturar la esencia de la progresión de esa enfermedad en la población, con el propósito de predecir los efectos de diferentes estrategias para prevenir o erradicar esta epidemia.<sup>17</sup>

Sobre este aspecto, *Lemus* y otros,<sup>18</sup> en 2009, realizaron una caracterización del cambio climático en Cuba en relación con el dengue; ellos concluyeron que es necesario mantener estrecha vigilancia sobre el impacto del clima en los elementos que intervienen en la transmisión de esta enfermedad para la toma de decisiones.

En este mismo país, *Ortiz* y otros<sup>19</sup> identificaron, en 2015, los rangos de variabilidad climática que afectan las poblaciones de *Ae. Aegypti*; generaron mapas de predicción en el ámbito municipal. Con esta experiencia, demostraron que es posible construir modelos espaciales con este propósito, lo que aporta alertas de vigilancia sobre las poblaciones del vector, demostrando así la utilidad para el



control epidemiológico. Contradictoriamente, estos modelos no se han generalizado de manera sistemática en todo el país.

En la presente experiencia, el alza de las variables climáticas a partir de la semana 35 estuvo relacionada al aumento de estadios larvarios de *Ae. aegypti*, así como a la cantidad de personas atendidas con sospechas de dengue. Por otra parte, en los resultados de este trabajo coincidimos con *Cheong* y otros,<sup>20</sup> quienes encontraron en Malasia durante 2013, correlación negativa en cuanto a la cantidad de lugares con depósitos con *Ae. aegypti* en su fase acuática con la intensidad de la velocidad del viento.

El hecho de que se evidenció en la presente experiencia correlación y efectos entre las variables climáticas analizadas y la incidencia de dengue y estadios larvarios de *Ae. Aegypti*, demuestra que se pueden utilizar estos elementos en un sistema sustentable de alerta temprana.

El control del dengue y su vector es un problema emergente que se resiste a soluciones tradicionales, pero que requiere de un pensamiento sistémico para comprender varios aspectos de la dinámica de esta enfermedad. Los métodos analíticos tradicionales deben adecuarse al alto grado de impredecibilidad de estos problemas emergentes de salud en el que se involucran muchas variables.<sup>21</sup>

Se han realizado a nivel mundial diversos trabajos que muestran la utilidad del uso de modelos tradicionales. En Tailandia durante el 2016, *Siriyasatien* y otros<sup>22</sup> demostraron la importancia del papel que juega sobre la incidencia de dengue los rangos de infestación de mosquitos hembras de la estación anterior y las variables climáticas. En Singapur *Hii* y otros,<sup>23</sup> en el 2012, desarrollaron sistemas de predicción de dengue basado en el clima que permite obtener alertas con 16 semanas de antelación; este modelo tenía alta sensibilidad y especificidad, y utilizaban como variables climáticas las temperaturas y las precipitaciones.

Por otra parte, en Colombia *Eastin* y otros,<sup>24</sup> en el 2014, se basaron en dos modelos multivariados auto-regresivos que incluían entre otras variables las climáticas para desarrollar otro sistema que se anticipa a los casos de dengue en dos semanas.

En Singapur durante el 2014, *Xu* y otros<sup>25</sup> encontraron que la variable que más influyó sobre la incidencia de dengue fue la humedad absoluta. Un año después en Bangladesh, *Sharmin* y otros<sup>26</sup> pudieron relacionar las altas temperaturas con casos a presentarse un mes después. Ese mismo año en Sri Lanka, *Ehelepola* y otros<sup>27</sup> encontraron correlación de la lluvia, la temperatura, humedad, horas de sol y el viento con la incidencia de dengue.

En resumen, cuando se conocen las interacciones complejas entre clima y la incidencia de dengue se facilita implementar un sistema de vigilancia que puede brindar informaciones válidas para apoyar la toma de decisiones en cuanto a la predicción y control del dengue y su vector. Estos sistemas de vigilancia pueden ser simples y utilizar recursos limitados.

## CONCLUSIONES

Se evidencia la interacción de variables climáticas sobre el dengue y su vector el mosquito *Ae. aegypti*.

A partir de las variables meteorológicas es posible hacer un modelo de predicción sobre la futura presentación de sospechosos de dengue, así como de la presentación de estadios larvarios de *Ae. aegypti*.

Se demuestra estacionalidad durante periodo del 2011 al 2015 del constructo formado por las variables climáticas diarias: temperatura media, humedad media y promedio de punto de rocío en el municipio Camagüey, Cuba.

## Conflictos de intereses

Los autores no declaran conflictos de intereses.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Achee NL, Gould F, Perkins TA, Reinier RC Jr, Morrison AC, Ritchie SA, et al. A Critical Assessment of Vector Control for Dengue Prevention. PLoS Negl Trop Dis May 2015;9(5):e0003655.
2. Cabezas Sánchez C, Fiestas Díaz V, García Mendoza M, Palomino Suarez M, Mamani Capote E, Donaires Arrieta F. Dengue en el Perú: a un cuarto de siglo de su reemergencia. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2015 Mar;32(1):124-34.
3. Tirado Guzmán MG, Harris E. Dengue. Lancet 2015;385:453-65.
4. Tang K, Ooi E. Diagnosis of dengue: an update. . Expert Rev Anti Infect Ther. 2012;10(8):895-907.
5. Lowe R, Barcellos C, Coelho CAS, Bailey TC, Evelim G, Coelho RG, et al. Dengue outlook for the World Cup in Brazil: an early warning model framework driven by real-time seasonal climate forecasts. Published online May 17 [Internet]. 2014 [cited 2015 Sep. 12]. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099\(14\)70781-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(14)70781-9)
6. Huy R, Buchy P, Conan A, Ngan C, Ong S, Ali R, et al. National dengue surveillance in Cambodia 1980-2008: epidemiological and virological trends and the impact of vector control. Bull World Health Organ. 2010 April;88:650-65.
7. Gharbi M, Quenel P, Gustave J, Cassadou S, Ruche GL, Girdary L, et al. Time series analysis of dengue incidence in Guadeloupe, French West Indies: Forecasting models using climate variables as predictors. BMC Infectious Diseases [Internet]. 2011 [cited 2015 Sep. 12];11:[166 p.]. Available from: <http://www.biomedcentral.com/1471-2334/11/166>
8. Ortiz Bultó PL, Pérez Rodríguez AE, Rivero Valencia A, Pérez Carreras A, Juan Ramón C, Lecha Estela LB. La variabilidad y el cambio climático en Cuba: potenciales impactos en la salud humana. Revista Cubana de Salud Pública [Internet]. 2008 Mar [citado 12 Sep 2015];34(1). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662008000100008&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662008000100008&lng=es)



9. Rosa-Freitas M, Schreiber K, Tsouris P, Weimann E, Luitgards-Moura J. Associations between dengue and combinations of weather factors in a city in the Brazilian Amazon. *Rev Panam Salud Publica*. 2006;20(4):256-67.
10. Pinto E, Coelho M, Olivera L, Massad E. The influence of climate variables on dengue in Singapore. *Int J Env Health Research*. 2011 May; 21(6):6415-26.
11. Imai C, Hashizume M. A Systematic Review of Methodology: Time Series Regression Analysis for Environmental Factors and Infectious Diseases. *Trop Med and Health* 2015 Oct; 43(1):1-9.
12. López LE, Muñoz-Loaiza A, Olivar-Tost G, Betancourt-Bethencourt J. Modelo matemático para el control de la transmisión del Dengue. *Rev Salud Pública*. 2012; 14(3):512-23.
13. R-Core-Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Viena, Austria, 2017 [cited 2017 Feb 5]. Available from: <http://www.r-project.org>
14. Lüdecke D. sjPlot: Data Visualization for Statistics in SocialScience\_. R package version 3.32016. [cited 2017 Feb 5]. Available from: <http://CRAN.R-project.org/package=sjPlot>
15. Husson F, Josse J, Le S, Mazet J. FactoMineR: Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining with R. 2016. [cited 2017 Feb 5]. Available from: <http://CRAN.R-project.org/package=FactoMineR>.
16. Pinheiro J, Bates D, DebRoy S, Sarkar D, Core Team R. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models\_. R package version 3.1-127,2016. [cited 2017 Feb 5]. Available from: <http://CRAN.R-project.org/package=nlme>
17. Chan TC, Hu TH, Hwang JS. Daily forecast of dengue fever incidents for urban villages in a city. 2015 June [cited 2015 Ago 15]; 14:1-11. Available from: <http://www.ij-healthgeographics.com/content/14/1/9>
18. Lemus Lago ER, Corratgé Delgado H. Cambio climático y dengue en Cuba. *Rev Cubana Med Gen Int*. 2009; 25(4):196 -207.
19. Ortiz Bultó PL, Rivero Valencia A, Linares Vega Y, Pérez Carreras A, Vázquez Cangas JR. Spatial Models for Prediction and Early Warning of *Aedes aegypti* Proliferation from Data on Climate Change and Variability in Cuba. *MEDICC Review*. 2015 April; 17(2)20-8.
20. Cheong YL, Burkart K, Leitão PJ, Lakes T. Assessing Weather Effects on Dengue Disease in Malaysia. *Int J Env Res Public Health*. 2013; 10:6319-34.
21. Tozan Y, Ompad DC. Complexity and Dynamism from an Urban Health Perspective: a Rationale for a System Dynamics Approach. *Journal of Urban Health*. 2016; 92(3) :490-501.
22. Siriyasatien P, Phumee A, Ongruk P, Jampachaisri K, Kesorn K. Analysis of significant factors for dengue fever incidence prediction. *BMC Bioinformatics* 2016; 17(166):166.

23. Hii Y, Zhu H, Ng N, Ng L, Rocklöv J. Forecast of Dengue Incidence Using Temperature and Rainfall. PLoS Negl Trop Dis. 2012;6(11):e1908.
24. Eastin MD, Delmelle E, Casas I, Wexler J, Self C. Intra- and Interseasonal Autoregressive Prediction of Dengue Outbreaks Using Local Weather and Regional Climate for a Tropical Environment in Colombia. Am J Trop Med Hyg. 2014;91(3):598-610.
25. Xu H-Y, Fu X, Lee LKH, Ma S, Goh KT, Wong J, et al . Statistical Modeling Reveals the Effect of Absolute Humidity on Dengue in Singapore. . PLoS Negl Trop Dis. 2014;8(5):e2805.
26. Sharmin S, Glass K, Harley D. Interaction of Mean Temperature and Daily Fluctuation Influences Dengue Incidence in Dhaka, Bangladesh. PLoS Negl Trop Dis. 2015;9(7):e0003901.
27. Ehelepola N, Ariyaratne K, Buddhadasa W, Ratnayake S, Wickramasinghe M. A study of the correlation between dengue and weather in Kandy City, Sri Lanka (2003 -2012) and lessons learned. Infectious Diseases of Poverty. 2015;4:2. DOI 10.1186/s40249-015-0075-8.

Recibido: 2 de junio de 2016.

Aceptado: 23 de marzo de 2017.

*José Aureliano Betancourt Bethencourt*. Universidad de Ciencias Médicas.  
Camagüey, Cuba. Correo electrónico: [josebetancourt.cmw@infomed.sld.cu](mailto:josebetancourt.cmw@infomed.sld.cu)