

# Influencia del clima y de la cobertura vegetal en la ocurrencia del Dengue (2001-2010)

## The influence of climate and vegetation cover on the occurrence of Dengue cases (2001-2010)

Angye Meza-Ballesta<sup>1</sup> y Leonardo Gónima<sup>2</sup>

1 Instituto Geográfico Agustín Codazzi-Dirección Territorial Córdoba. eygnamb@hotmail.com. Montería, Colombia.

2 Departamento de Física y Electrónica, Universidad de Córdoba. Montería, Colombia. lgonima@correo.unicordoba.edu.co.

Recibido 16 Marzo 2013/Enviado para Modificación 22 Mayo 2013/Aceptado 12 Junio 2013

### RESUMEN

**Objetivo** Análisis de la relación espacio-temporal de la ocurrencia de casos de dengue en el Departamento de Córdoba (Colombia) con la temperatura del aire, la precipitación y el estado fenológico de la vegetación (vigor y densidad).

**Métodos** Estudio estadístico-cartográfico de la distribución espacio-temporal de la ocurrencia del dengue en 30 municipios seleccionados. Realización de análisis estadístico de regresión simple y múltiple entre la aparición de la enfermedad y las variables climáticas mencionadas. Desarrollo de relaciones estadísticas entre los casos de dengue y el índice de vegetación (NDVI), calculado a partir de imágenes de satélite. Determinación de una relación estadística múltiple lineal entre la ocurrencia de casos de dengue y la temperatura del aire, la precipitación y el NDVI.

**Resultados** La enfermedad se extiende en aproximadamente el 32 % del territorio departamental: en 13 de los 30 municipios se concentran 89,7 % de los casos reportados de dengue, siendo Montería el municipio con mayor ocurrencia (37,8 %). El análisis de las regresiones estadísticas calculadas muestran que las variables climáticas seleccionadas, así como el estado de la vegetación, se relacionaron significativamente con la aparición del dengue, tanto por separado como simultáneamente.

**Conclusiones** La validez estadística de las relaciones calculadas entre las variables estudiadas, apoya la conclusión de que un incremento en la ocurrencia de casos de dengue también se relaciona directamente con el aumento simultáneo de la temperatura del aire, la disminución de la precipitación y el deterioro de la cobertura vegetal (vigor y la densidad) de la zona estudiada.

**Palabras Clave:** Dengue, clima, cartografía, estadística (*fuentes: DeCs, BIREME*).

## ABSTRACT

**Objective** Analyzing the spatio-temporal relationship regarding the occurrence of cases of dengue in Colombia's Córdoba Department and the temperature, rainfall and the phenological state of vegetation (vigor and density).

**Methods** A statistical and cartographical study of spatio-temporal distribution regarding the occurrence of cases of dengue was studied in 30 selected municipalities. Simple and multiple statistical regressions were used for analyzing disease occurrence and the aforementioned climatic variables. The statistical relationship between dengue cases and the normalized difference vegetation index (NDVI) was calculated using satellite images. A linear multiple relationship between the occurrence of dengue cases and temperature, rainfall and NDVI was calculated.

**Results** Accordingly to the pertinent cartography, the disease extends over 32 % of the department; 89.7 % of the reported cases of dengue occurred in 13 of the 22 selected municipalities, Montería being the municipality having the greatest occurrence (37.8 %). Analysis and evaluation of the statistical regressions showed that the selected climatic variables and vegetation state were significantly related to the occurrence of dengue, both separately and simultaneously.

**Conclusions** The statistical validity of the relationships calculated between the variables studied here supported the conclusion that an increase in the occurrence of cases of dengue was also directly related to a simultaneous increase in temperature, decreased rainfall and deterioration of vegetation cover (vigor and density) in the area being studied.

**Key Words:** Dengue, climate, geographic mapping, statistics (*source: MeSH, NLM*).

El dengue es una de las enfermedades virales transmitidas por vectores de mayor importancia actualmente, cuyo incremento en las últimas décadas se ha constituido en una prioridad de salud pública de los países tropicales y subtropicales (1). El comportamiento epidémico de esta enfermedad muestra una estrecha relación con los cambios de algunas variables climáticas como la temperatura del aire y la precipitación, que están siendo afectadas por el calentamiento global (2). Esto significaría probablemente, además de un incremento de la ocurrencia de la enfermedad en las regiones en las cuales ya existe, su aparición en zonas actualmente libres de este flagelo (latitudes medias y altas) (3).

Actualmente, existe gran interés en estudiar los efectos que tiene el clima en la salud humana. Por ejemplo, se estudiaron los efectos potenciales del cambio climático global sobre la transmisión del dengue a nivel mundial, relacionando la distribución geográfica de la enfermedad con la tensión de vapor de agua atmosférico, obteniendo como resultado que los actuales límites geográficos de transmisión de la fiebre del dengue pueden ser modelados con un 89 % de precisión, para el período de tiempo entre 1961

y 1990 (4). En otro de los estudios realizados, se desarrolló un modelo predictivo de las epidemias de fiebre del dengue, utilizando datos sobre el clima y la ocurrencia de la enfermedad, el cual permite pronosticar los casos de dengue hemorrágico en Townsville-Australia (5). Así mismo se confirmó que en el municipio Libertador (Venezuela), la temperatura del aire y la precipitación influyen en la ocurrencia de casos de dengue (6). Recientemente en el Brasil, se creó un sistema de alerta temprana de las epidemias del dengue en este país, utilizando pronósticos estacionales del clima (7).

En Colombia, la enfermedad es endémica desde principios de 1970, presentándose brotes periódicos de ella en sitios ubicados por debajo de los 1 800 metros sobre el nivel del mar. Teniendo en cuenta que el 80 % del territorio nacional puede verse afectado por esta enfermedad y con base en la elevada mortalidad que presenta, esta patología es considerada como la principal enfermedad transmitida por vectores en el país (8,9). A nivel del Departamento de Córdoba, en el primer trabajo que se realizó sobre este tema, se evaluaron estadísticamente las relaciones existentes entre la temperatura del aire, precipitación y humedad relativa con los casos de dengue en el municipio de Montería (2003-2008), obteniéndose la única relación estadística significativa cuando se correlacionaron simultáneamente las tres variables climáticas con los casos de dengue (10).

Puesto que en la mayoría de los municipios del Departamento de Córdoba se presentan altos índices de incidencia de esta enfermedad y en otros un gran riesgo de propagación (11), es indispensable tener un mayor conocimiento sobre la relación existente entre el comportamiento de dicha enfermedad y la variabilidad climática. Los resultados obtenidos en el presente trabajo pueden considerarse como una contribución para una mejor identificación y determinación del papel que tienen las condiciones climáticas y complementariamente el estado de la cobertura vegetal en el aumento de la incidencia y la propagación de la enfermedad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la zona de estudio

La zona de estudio seleccionada corresponde a la totalidad de municipios del Departamento de Córdoba con datos de la ocurrencia de esta enfermedad (30 municipios), teniendo éste, Córdoba es un Departamento con altos índices de pobreza y miseria. Los indicadores muestran que el

NBI total del Departamento es de 59 (42,5 urbano y 76,1 rural) superando el total nacional (27,63), mientras que el 61,5 % de la población está en la pobreza. Aunque la cobertura de salud en principio está garantizada para la mayor parte de la población del Departamento a través del SISBEN, su prestación es deficiente y en muchos casos inefectiva, lo que confirma la grave crisis por la que atraviesa la salud pública en el país (12). El clima predominante en el Departamento es tropical lluvioso de sabana isotermal (clasificación de Köppen). La vegetación está representada por pastos, cultivos, riparia, costera, algunos bosques secundarios y relictos de bosques primarios.

#### Obtención de la información

Ocurrencia de casos de dengue: Datos sobre el número de casos de dengue de cada uno de los municipios seleccionados del Departamento de Córdoba, durante el periodo de tiempo 2001-2010, proporcionados por la Secretaria de Salud de Córdoba-SIVIGILA.

Datos climáticos: Temperatura del aire T (disponible para 9 municipios: Cereté, Loricá, Montelíbano, Ciénaga de Oro, Montería, Planeta Rica, Puerto Escondido, Sahagún, San Bernardo del Viento) y precipitación pp (disponible para 22 municipios: Cereté, Canalete, Chimá, Loricá, Montelíbano, Momil, Buenavista, Ayapel, Chinú, Ciénaga de Oro, Montería, Planeta Rica, Pueblo Nuevo, Puerto Escondido, Puerto Libertador, Sahagún, San Andrés de Sotavento, San Antero, San Bernardo del Viento, San Carlos, San Pelayo, Valencia) suministrados por el IDEAM.

#### Procesamiento espacial de la información

Se clasificó la ocurrencia de casos de dengue en 5 categorías (muy alta, alta, media, baja y muy baja), determinadas de la siguiente manera:

- Se graficó el comportamiento de los casos de dengue de todos los municipios, por cada año del periodo de estudio seleccionado.
- Se compararon aquellas gráficas que mostraron un comportamiento similar, agrupándolas en 5 grupos de años: 2001, 2002 y 2008, 2003 y 2005, 2004 y 2007 y finalmente 2006, 2009 y 2010.
- Las categorías o rangos se definieron observando los valores máximos de la o las gráficas de cada agrupación (13).
- Posteriormente y de acuerdo a la clasificación anterior, se elaboraron mapas representativos de la ocurrencia de dengue en el Departamento con el software ArcGIS.

### Procesamiento estadístico

Se estableció la relación existente entre la ocurrencia de casos de dengue con T para los 9 municipios en los cuales se disponía de datos de dicha variable climática. De igual forma, se evaluó la relación entre casos de dengue con el inverso de la precipitación (1/pp), ya que esta variable estadísticamente fue la que mostró los resultados más significativos para los 22 municipios que registraron datos de la precipitación. En ambos casos se calcularon regresiones polinómicas de tercer grado, que fueron las que proporcionaron el mejor ajuste estadístico, para cada uno de los municipios del Departamento analizados. Posteriormente, se calcularon regresiones múltiples lineales entre los casos de dengue y las dos variables T y 1/pp, para cada uno de los 9 municipios con esta clase de información.

La significancia estadística de todas las regresiones calculadas se evaluó inicialmente, a partir del coeficiente de correlación crítico  $r_{\text{crítico}}$ , que es de 0,58 (95 % de confiabilidad), para una muestra de 10 años. Posteriormente, para la evaluación de los resultados de los casos de dengue calculados mediante las ecuaciones de regresión obtenidas, se determinó el error cuadrático medio-ecm (13) entre dichos valores y los reportados por SIVIGILA.

### Procesamiento de imágenes de satélite

Para evaluar el efecto de la cobertura vegetal (vigor y densidad), se calculó el NDVI (Índice Diferencial de Vegetación Normalizado) de dos imágenes de satélite adquiridas durante la época climática seca: Landsat 7 ETM+ (04.02.2001) y Spot (19.01.2007).

Para Landsat 7 ETM+:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{banda 4} - \text{banda 3})}{(\text{banda 3} + \text{banda 4})} \quad (1)$$

y para la imagen Spot,

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{banda 3} - \text{banda 2})}{(\text{banda 3} + \text{banda 2})} \quad (2)$$

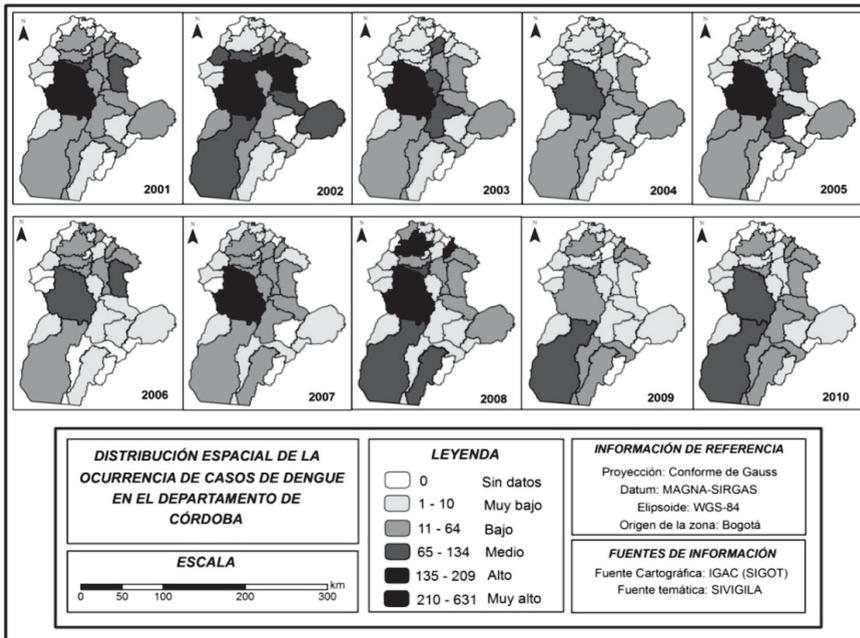
Las dos imágenes calculadas del índice de vegetación NDVI se clasificaron y los resultados obtenidos se compararon posteriormente con información suministrada por mapas temáticos publicados de la zona de estudio (14). Por último, se realizó un análisis de regresión lineal simple entre los casos de dengue con los datos obtenidos del valor medio del NDVI, calculado para el área de cada uno de los municipios que comprende la imagen (Montería, Cereté, Lórica, San Pelayo, Cotorra, San Bernardo del

Viento, Moñitos y Puerto Escondido). La significancia estadística de las regresiones simples calculadas en este caso, se evaluaron a partir del  $t_{\text{crítico}}$ , cuyo valor es de 0,71 para una confiabilidad del 95 % (13).

## RESULTADOS

Teniendo en cuenta la información suministrada por SIVIGILA, el total de casos de dengue notificados durante el periodo de estudio 2001-2010 fue de 8 935, lo que representa un promedio anual de 894 casos. De los 30 municipios, 13 de ellos (Montería, Sahagún, Cereté, Tierralta, Planeta Rica, Ciénaga de Oro, San Andrés de Sotavento, Lorica, Pueblo Nuevo, San Carlos, Ayapel, Puerto Libertador y San Pelayo) concentran el mayor número de casos, 8 018, que equivalen a un 89,7 % del total, siendo Montería el que presenta una mayor ocurrencia de la enfermedad (37,8 %).

**Figura 1.** Distribución espacial del dengue en el Departamento de Córdoba (2001-2010)



Desde el punto de vista espacial la enfermedad se encuentra distribuida en un 32 % del territorio departamental: de 25 020 km<sup>2</sup> de superficie total, existe dengue en 8018 km<sup>2</sup> de ellos.

En la Figura 1 se identifica claramente la gran variabilidad espacio-temporal de la ocurrencia de casos de dengue en los 30 municipios del Departamento, la mayor parte de los cuales están clasificados entre los rangos medio y muy alto, así como también que el municipio de Montería es el que presenta, en general, la más alta incidencia de la enfermedad durante el período de tiempo estudiado.

Relación entre la ocurrencia de los casos de dengue con la temperatura del aire

La evaluación estadística de la relación entre T y los casos de dengue, se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Coeficientes de correlación estadística (r) y error cuadrático medio (ecm) correspondientes a una regresión polinómica de tercer grado entre T y los casos de dengue ( $r_{\text{crítico}} = 0,58$ ).

Municipio	r	ecm
Puerto Escondido	0,99	2,5
San Bernardo del Viento	0,98	0,9
Lorica	0,92	23,8
Ciénaga De Oro	0,92	26,9
Cereté	0,89	30,6
Sahagún	0,73	38,5
Montería	0,71	435,6
Planeta Rica	0,63	43,9
Montelíbano	0,36	11,4

Analizando la Tabla 1, se comprueba que la relación entre las dos variables es significativa, ya que los r están por encima del  $r_{\text{crítico}}$ , excepto para el municipio de Montelíbano, en el cual probablemente es otra u otras variables las que influyen más significativamente en la ocurrencia de la enfermedad. Esto significa que efectivamente existe una dependencia estadística real entre la temperatura del aire y el dengue: un aumento de la temperatura del aire implica un incremento en los casos de dengue, como se reporta en otros estudios realizados (3,6,9). A pesar de lo mencionado anteriormente, los ecm calculados en la Tabla 1 muestran que las ecuaciones de regresión respectivas, exageran o subestiman en gran medida el número de casos reportados de la enfermedad, para la gran mayoría de los municipios. Por consiguiente, estos resultados demuestran claramente que evaluar la representatividad de la relación estadística entre las variables seleccionadas, basada en el cuadrado del coeficiente de correlación ó coeficiente de determinación  $r^2$ , no es lo adecuado como se observa claramente en la Tabla 1, lo que también corrobora lo expuesto en (15) y (16).

## Relación entre la ocurrencia de los casos de dengue con la precipitación

El análisis estadístico entre los casos de dengue con la precipitación (1/pp), se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Coeficientes de correlación estadística (r) y error cuadrático medio (ecm) correspondientes a una regresión polinómica de tercer grado entre 1/pp y los casos de dengue ( $r_{\text{crítico}} = 0,58$ ).

Municipio	r	ecm
Puerto Escondido	0,99	3,0
Momil	0,98	1,3
Ciénaga De Oro	0,98	12,9
Montería	0,96	162,0
Chima	0,91	15,1
San Pelayo	0,87	15,7
Sahagún	0,83	40,5
Cereté	0,79	42,4
Montelíbano	0,78	7,5
Buenavista	0,77	2,4
Ayapel	0,70	23,0
Planeta Rica	0,65	37,1
Chinú	0,62	8,8
San Carlos	0,59	39,4
Lorica	0,51	53,5
San Antero	0,49	6,3
Canalete	0,49	1,1
Puerto Libertador	0,33	45,8
San Bernardo del Viento	0,33	5,1
San Andrés de Sotavento	0,31	58,5
Pueblo Nuevo	0,29	27,8
Valencia	0,28	10,7

Los resultados de la Tabla 2, demuestran que aunque la relación entre los casos de dengue y 1/pp es positiva, en realidad lo que ésta significa es que al disminuir la precipitación aumenta la ocurrencia de la enfermedad. De acuerdo al valor del  $r_{\text{crítico}}$ , la correlación entre las variables consideradas es estadísticamente significativa en 14 de los 22 municipios seleccionados. Las causas por las cuales no se pudo establecer una relación estadística significativa, para los 8 municipios restantes, se deben probablemente a que en los municipios de Lorica y San Bernardo del Viento es la temperatura del aire la única variable climatológica que está relacionada con el dengue (Tabla 1), mientras que en los municipios restantes (San Andrés de Sotavento, Puerto Libertador, Pueblo Nuevo, Canalete, San Antero y Valencia) son posiblemente otros factores como las condiciones sociales y económicas de la población, los que tendrían una mayor influencia. Es importante mencionar que para el municipio de Montelíbano, la precipitación es la variable climática que está relacionada estadísticamente con la ocurrencia del dengue, a diferencia del resultado obtenido con la temperatura del aire.

Igual a lo que ocurre con la relación entre T y casos de dengue, el comportamiento de los ecm de la Tabla 2, confirman el hecho de que el  $r^2$  no es el parámetro adecuado para explicar, con la precisión adecuada, la ocurrencia de la enfermedad, durante el periodo de tiempo seleccionado. Los resultados expuestos anteriormente también están en concordancia con otros estudios realizados a nivel mundial: se ha demostrado la presencia de brotes epidémicos cuando la precipitación disminuye, en periodos climáticos secos (17).

Relación entre la ocurrencia de los casos de dengue simultáneamente con la temperatura del aire y la precipitación

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la regresión múltiple lineal entre los casos de dengue con la temperatura del aire y la precipitación en el periodo de estudio, para los municipios en los cuales había disponibilidad de las dos variables climáticas.

**Tabla 3.** Coeficientes de correlación estadística( $r$ ) y error cuadrático medio (ecm) correspondientes a una regresión múltiple lineal entre T, 1/pp y los casos de dengue ( $r_{\text{crítico}} = 0,58$ ).

Municipio	$r$	ecm
Puerto Escondido	0,85	17,3
Sahagún	0,78	42,9
Ciénaga de Oro	0,75	42,3
Montería	0,69	410,6
San Bernardo del Viento	0,68	3,6
Cereté	0,63	47,4
Lorica	0,62	45,2
Planeta Rica	0,59	36,8
Montelíbano	0,41	10,4

Al analizar los valores de  $r$  de la Tabla 3, se puede concluir que la relación calculada entre las variables es positiva y estadísticamente significativa para 8 de los 9 municipios considerados. Esto indica que la ocurrencia de la enfermedad también podría ser descrita por las variables climatológicas T y 1/pp simultáneamente. La falta de significancia estadística para el municipio de Montelíbano, se debe probablemente a que en éste, la precipitación es la única variable climática que está relacionada con la ocurrencia de la enfermedad, como se discutió en la sección anterior. Al observar la gran variabilidad y magnitud de los ecm calculados (Tabla 3), se puede concluir sobre la limitada validez de las ecuaciones de regresión múltiple lineal calculadas, como explicativas de la ocurrencia de la enfermedad.

Análisis temático de los resultados obtenidos con las regresiones estadísticas calculadas.

Es muy importante anotar que el hecho de que los coeficientes de correlación de las regresiones calculadas (simples y múltiples), para la mayoría de los municipios seleccionados, muestran una significativa dependencia entre las variables involucradas, no significa que sean éstas las únicas, que en un momento determinado, puedan explicar estadísticamente la ocurrencia del dengue. La significancia estadística de las correlaciones calculadas ( $r$ ) sólo se puede entender como la demostración de la existencia de una relación estrecha entre las variables consideradas en particular y no como la única explicación de la ocurrencia de la enfermedad, como lo demostró el análisis realizado de los ecm calculados.

En realidad, la aparición y frecuencia de la ocurrencia de casos de dengue se debe a múltiples factores que actúan simultáneamente sobre ella (clima, medidas de salubridad, educación, acceso a servicios públicos básicos y pobreza de la población en riesgo). Algunos de estos factores pueden convertirse, en algún momento, en los principales condicionantes de la ocurrencia de la enfermedad. Por ejemplo, al existir medidas de salubridad integral suficientes, la ocurrencia ya no dependerá tan fuertemente de la climatología, como se encontró en este estudio, sino también al mismo tiempo de la prevención y de la situación socioeconómica de la población. Esto explica la razón, por la cual, es justamente en países o regiones del mundo con dificultades socioeconómicas, como las que se presentan en el Departamento de Córdoba, la incidencia y propagación de dicha enfermedad se ha convertido en un problema social y económico de gran impacto.

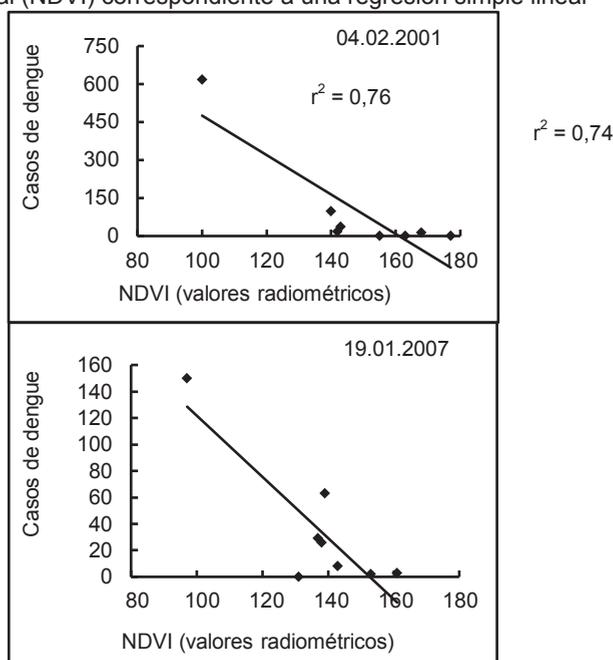
Relación entre la ocurrencia de los casos de dengue con la cobertura vegetal (NDVI)

Varios estudios realizados indican la importancia que tiene la cobertura vegetal en el desarrollo de la enfermedad (18,19). En este sentido, los resultados obtenidos a continuación, utilizando imágenes digitales de satélite, muestran el grado de significancia de dicha relación en la zona de estudio seleccionada.

En la Figura 2 se exponen los resultados del análisis de regresión simple calculado entre los casos de dengue y el estado de la cobertura

vegetal (vigor y densidad) representado por los valores radiométricos del NDVI, para cada una de las fechas correspondientes a las imágenes de satélite disponibles y solamente para los municipios de Montería, Cereté, San Pelayo, Cotorra, Loricá, San Bernardo del Viento, Moñitos y Puerto Escondido (únicos que aparecen en las imágenes de satélite seleccionadas). Es importante anotar que, aunque la cobertura vegetal obtenida por medio del NDVI corresponde a una fecha específica, ésta se puede asumir como representativa de la vegetación existente en los municipios seleccionados durante los años 2001 y 2007, debido a la poca variación que ésta presentó en cada uno de ellos.

**Figura 2.** Correlación estadística entre los casos de dengue y la cobertura vegetal (NDVI) correspondiente a una regresión simple lineal



De acuerdo con la Figura 2, correspondiente a época climática seca, ambas correlaciones son negativas y estadísticamente significativas ( $r_{\text{crítico}} = 0,71$ ), lo que quiere decir que a mayor cobertura vegetal existente en la zona de estudio (principalmente pastos y cultivos), es menor la incidencia de la enfermedad. Estos resultados concuerdan, en particular, con los obtenidos en estudios realizados en Costa Rica entre 2002 y 2004, en los cuales se encontró la misma relación entre el NDVI y los casos de dengue (20).

Finalmente y para evaluar la relación existente entre los casos de dengue con las variables pp, T y NDVI, el análisis de regresión múltiple entre estas variables dio como resultado que para el año 2001 el valor de r es de 0,95, mientras que para 2007 es de 0,99. Estos resultados demuestran que la enfermedad depende tanto de las condiciones climáticas como de la fenología de la vegetación.

## DISCUSIÓN

El análisis de la ocurrencia de casos de dengue en los 30 municipios del Departamento de Córdoba, durante el periodo comprendido entre los años 2001 y 2010, permitió identificar que en 13 de ellos (Montería, Sahagún, Cereté, Tierralta, Planeta Rica, Ciénaga de Oro, San Andrés de Sotavento, Loricá, Pueblo Nuevo, San Carlos, Ayapel, Puerto Libertador y San Pelayo) se presentó el mayor número de casos con un 89,7 % del total, siendo Montería el municipio en el cual la enfermedad tuvo la mayor incidencia (37,8 %), situación que se debe no solamente a la gran concentración de población en él, en comparación con los demás, sino también a las difíciles condiciones socioeconómicas y de salubridad en las que se desenvuelve dicha población. Por otra parte, la distribución espacial de esta enfermedad muestra que ésta está concentrada en aproximadamente el 32 % del territorio departamental.

En general, los resultados expuestos en este trabajo muestran que las variables climatológicas temperatura del aire y precipitación tienen un importante efecto en la ocurrencia de la enfermedad. Las regresiones simples y múltiples calculadas mostraron una significativa relación estadística entre las variables mencionadas, lo cual permite deducir que el aumento simultáneo de la temperatura del aire y la disminución de las precipitaciones también contribuyen a una mayor ocurrencia del fenómeno estudiado.

La relación estadística calculada entre el NDVI y los casos de dengue mostró que el estado de la cobertura vegetal (vigor y densidad) también tiene una notable influencia en la ocurrencia de este fenómeno en los 8 municipios seleccionados. Para las fechas en las cuales fueron adquiridas las imágenes de satélite, febrero 2001 y enero 2007, correspondientes ambas a época climática seca, el aumento de la ocurrencia de la enfermedad está significativamente relacionado con una disminución de la vegetación (estado y cobertura), resultado que concuerda con los obtenidos en

otros países tropicales. Al evaluar la relación entre los casos de dengue simultáneamente con las variables pp, T y NDVI, el análisis de regresión múltiple entre éstas dio como resultado, que la ocurrencia de la enfermedad depende, al mismo tiempo, de las condiciones climáticas así como de la fenología de la vegetación.

Todos los resultados obtenidos en este estudio muestran, sin lugar a dudas, que las variables climatológicas utilizadas también influyen en la ocurrencia de la enfermedad, especialmente cuando la situación socioeconómica de la población es precaria, como éste es el caso. Este estudio se puede considerar como una contribución al conocimiento de las variables que actualmente influyen en la ocurrencia del dengue en el Departamento de Córdoba. Los resultados obtenidos pueden ser de gran utilidad para las instituciones públicas y privadas que se dedican al estudio, erradicación y control de dicha enfermedad ▲

## REFERENCIAS

1. Guzmán M, García G, Kourí G. El dengue y el dengue hemorrágico: prioridades de investigación. *Rev. Panam. Salud Pública.* 2006; 19 (3): 204-215.
2. Chen SC, Liao CM, Chio CP, Chou HH, You SH, Cheng YH. Lagged temperature effect with mosquito transmission potential explains dengue variability in southern Taiwan: insights from a statistical analysis. *Science of the Total Environment.* 2010;408: 4069–4075.
3. 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. *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Pública.* 2005; 22 (3): 183-190.
4. Hales S, de Wet N, Maindonald J, Woodward A. Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model. *The Lancet.* 2002; 360: 830-834.
5. Halide H, Ridd P. A predictive model for dengue hemorrhagic fever epidemics. *International Journal of Environmental Health Research.* 2008; 18 (4): 253-265.
6. Sáez V. Estudio correlativo entre dengue, precipitación y temperatura del aire, período 1995 a 2002. Municipio Libertador. Distrito Capital. Venezuela. *Terra.* 2006; XXII(32): 123-156.
7. Lowe R, Bailey T, Stephenson D, Graham R, Coelho C, Carvalho M, et al. Spatio-temporal modelling of climate-sensitive disease risk: towards an early warning system for dengue in Brazil. *Computers & Geosciences.* 2011; 37: 371–381.
8. Suárez C, Almanza R, Rúa G. Análisis retrospectivo de la incidencia de dengue en Medellín, Antioquia-Colombia, período 2001- 2007. *Revista de Salud Pública de Medellín.* 2008; 3(2):37-47.
9. Castañeda O, Segura O, Ramírez A. Conocimientos, actitudes y prácticas comunitarias en un brote de dengue en un municipio de Colombia, 2010. *Rev. Salud Pública (Bogotá).* 2011; 13 (3): 514-527.
10. Cassab A, Morales V, Mattar S. Factores climáticos y casos de dengue en Montería, Colombia. 2003-2008. *Rev. Salud Pública (Bogotá).* 2010; 13 (1): 115-128.

11. Gobernación de Córdoba. Alerta epidemiológica por dengue en el Departamento de Córdoba, activar todos los planes de contingencia. [Internet]. Disponible en: <http://www.cordoba.gov.co/prensa/boletines/boletin-406.html>. Consultado en enero de 2013.
12. Plan de Desarrollo Departamental 2012-2015. Gestión y buen gobierno para la prosperidad de Córdoba. [Internet]. Disponible en: <http://www.cordoba.gov.co/pdd/plan-de-desarrollo-2012-2015.pdf>. Consultado en noviembre de 2012.
13. Wilks D. Statistical methods in the atmospheric sciences. Department of Earth and Atmospheric Sciences, Cornell University, USA; 2006.
14. IGAC. Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial (SIGOT). [Internet]. Disponible en: <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/>. Consultado en octubre de 2012.
15. Goldbenger AS. A course in econometrics. Harvard, University Press, Cambridge, USA; 1991.
16. Martínez E. Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal. Anuario Jurídico y Económico Escurialense. 2005; XXXVIII: 315-332.
17. Mena N, Troyo A, Bonilla R, Calderón Ó. Factores asociados con la incidencia de dengue en Costa Rica. Rev. Panamericana de Salud Pública. 2011; 29(4): 234-242.
18. Lamfri M, Quevedo S, Solano E, Rotela C, Scavuzzo M. Análisis regional de la difusión del dengue en Sudamérica. [Internet]. Disponible en: [http://aulavirtual.ig.conae.gov.ar/moodle/pluginfile.php/512/mod\\_page/content/38/Lanfri\\_M\\_et al.pdf](http://aulavirtual.ig.conae.gov.ar/moodle/pluginfile.php/512/mod_page/content/38/Lanfri_M_et al.pdf). Consultado en enero de 2013.
19. Porcasi X, Calderón G, Lamfri M, Cardenal N, Polop J, Sabattini M, et al. Imágenes de satélite como fuente de información ambiental en el modelado de la dinámica de enfermedades transmitidas por roedores. [Internet]. Disponible en: <http://www.conae.gov.ar/aplicaciones/aqui/FHAE.pdf>. Consultado en febrero de 2013.
20. Troyo A, Fuller D, Calderon O, Solano M, Beier J. Urbanstructure and dengue incidence in Puntarenas, Costa Rica. Singap J TropGeogr. 2009; 30 (2): 265-82.