

Influencia de las variables climáticas en la casuística de dengue y la abundancia de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en Maracay, Venezuela

Influence of climatic variables on dengue cases and abundance of Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) in Maracay, Venezuela

Yasmin Rubio-Palis^{1,2}, Luis Manuel Pérez-Ybarra³, Mariagabriela Infante-Ruiz⁴, Guillermo Comach⁵ & Ludmel Urdaneta-Márquez²

RESUMEN

Se realizó un estudio retrospectivo y longitudinal en el área metropolitana de Maracay para el período 1997-2005, a fin de determinar si las variables climáticas y entomológicas influyen sobre la casuística de dengue. Se obtuvieron los datos climatológicos diarios y mensuales de la Estación Climatológica de la Universidad Central de Venezuela y los datos epidemiológicos basados en casos confirmados y muy sugestivos reportados por el Laboratorio Regional de Diagnóstico e Investigación del Dengue y otras Enfermedades Virales (LARDIDEV). Los datos entomológicos se obtuvieron de colectas de adultos de *Aedes aegypti* (L.) realizadas durante el período Noviembre 2000-Diciembre 2001. La abundancia del vector varió de 3,6 *Aedes*/casa durante el mes de Abril (período de sequía) a 14,7 *Aedes*/casa durante el mes de Agosto (período de lluvia). El análisis de correlación de Pearson mostró correlación positiva entre el número de casos reportados con la precipitación ($r=0,7183$, $P=0,0038$) y la abundancia de *Ae. aegypti* ($r=0,677$, $P=0,0078$), pero no con la temperatura ni la humedad relativa para el período Noviembre 2000-Diciembre 2001. El análisis de regresión mostró que para dos meses de rezago existe una regresión lineal altamente significativa ($P < 0,0001$) con un ajuste de $R^2=88,7\%$, indicando que en promedio, la mayor casuística de dengue ocurre dos meses después de ocurrido el pico de precipitación. Los resultados obtenidos podrían ser utilizados para diseñar e implementar programas para la vigilancia epidemiológica y entomológica del dengue, así como establecer un sistema de alerta temprana para la prevención de brotes y/o epidemias de la enfermedad.

Palabras clave: abundancia *Aedes aegypti*, precipitación, temperatura del aire, dengue, Venezuela

SUMMARY

In order to determine the influence of climatic and entomological variables on the number of dengue cases, a retrospective and longitudinal study was conducted in the metropolitan area of Maracay during the period 1997-2005. Daily and monthly climatological data was obtained from the Climatological Station at the Universidad Central de Venezuela and epidemiological data based on confirmed and highly suggestive cases reported by the Regional Laboratory for Diagnosis and Research on Dengue and other Viral Infections (LARDIDEV). *Aedes aegypti* (L.) adults were collected monthly between November 2000 and December 2001. Vector abundance varied from 3,6 *Aedes*/house during April (dry season) to 14,7 *Aedes*/house (rainy season). Pearson correlation analysis showed a positive correlation between the number of dengue cases and rainfall ($r=0,7182$, $P=0,0038$) and abundance of *Ae. aegypti* ($r=0,667$, $P=0,0078$), but no correlation was found with temperature or relative humidity. Regression analysis showed that there was a highly significant relation ($R^2=88,7\%$, $P<0,0001$) between rainfall and dengue cases at a lag of 2 months. The present results might be used to design and implement programs for the epidemiological and entomological dengue surveillance as well as to establish an early warning system to prevent epidemics.

Key words: *Aedes aegypti* abundance, rainfall, air temperature, dengue, Venezuela.

¹ Dirección de Salud Ambiental, Ministerio del Poder Popular para la Salud, Maracay, Venezuela.

² BIOMED, Universidad de Carabobo, Maracay, Venezuela.

³ Departamento de Ciencias Básicas, Escuela de Bioanálisis, Facultad de Ciencias de la Salud, sede Aragua, Universidad de Carabobo, Maracay, Venezuela.

⁴ Escuela de Bioanálisis, Facultad de Ciencias de la Salud, sede Aragua, Universidad de Carabobo, Maracay, Venezuela.

⁵ Sección de Investigación del Laboratorio Regional de Diagnóstico e Investigación del Dengue y otras Enfermedades Virales LARDIDEV-BIOMED-CORPOSALUD.

*Autor de correspondencia: rubipalis@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El dengue es una enfermedad viral, endemoepidémica en diferentes zonas de África, Asia y América (CDC, 2010); y que como otras enfermedades transmisibles representa uno de los principales problemas de salud pública que deben enfrentar los organismos competentes para el control de sus vectores: *Aedes aegypti* (amplia distribución y principal vector de las Américas), *Ae. albopictus*, *Ae. scutellaris* y *Ae. polynesiensis*, entre otros (Gubler *et al.*, 1985; Rodhain & Rosen, 1997).

Esta arbovirosis representa una de las problemáticas de salud pública más importante a nivel nacional e internacional, ya que cada año se registran importantes cifras de morbilidad y mortalidad. La enfermedad tiene una amplia distribución y es endémica en más de 100 países de África, América, el Mediterráneo Oriental y Asia Suroriental, siendo esta última región la más afectada. En la actualidad 2.500 millones de personas (dos quintos de la población mundial) corren el riesgo de contraer la enfermedad. En todas las sub-regiones de las Américas la incidencia en el número de casos por dengue ha tenido una tendencia ascendente en los últimos 25 años, con picos epidémicos cada vez mayores que se repiten cada tres a cinco años casi de manera regular, presentándose con mayor frecuencia las manifestaciones graves del dengue hemorrágico (FDH) y el síndrome de choque de dengue (SCD) (OPS, 2008). En efecto, el número de casos de dengue incrementó de 335.667 casos en 1995 a 908.926 casos en el año 2008 (OPS, 2008). De igual manera, desde 1970, se ha observado la evolución de la enfermedad a lo largo del tiempo en los diferentes países desde México hasta Argentina, y pese a los esfuerzos para su control, *Ae. aegypti* ha ido dispersándose por los demás países de la región (CDC, 2010), en aproximadamente 90% de totalidad de extensión, a excepción de Uruguay, que no ha presentado casos de dengue (OPS, 2008).

En Venezuela se han registrado varios brotes de dengue a partir de 1945 (Coello & Mazzarri, 1990), pero es a partir de la epidemia registrada entre 1989 y 1990 que la epidemiología del dengue se ha caracterizado por epidemias recurrentes prácticamente cada año, con la circulación simultánea de todos los serotipos (DEN1, DEN2, DEN3 y DEN4) (Moros *et al.*, 2003; OPS, 1999; Salas *et al.*, 1998; Uzcátegui *et al.*, 2003). En la última década se ha registrado un

incremento marcado en la casuística de dengue con un total de 481.630 casos, destacándose de manera significativa el año 2001, cuando se produjo la mayor epidemia en nuestro país con 85.262 casos, de los cuales 3.883 (4%) pertenecieron al estado Aragua (Comach *et al.*, 2001; MSDS, 2001).

Este incremento en la casuística de dengue a lo largo de los años puede estar relacionado con condiciones como urbanizaciones no planificadas, problemas de saneamiento ambiental, alto crecimiento demográfico, falta de control del mosquito vector, además de la mala disposición de neumáticos, desechos plásticos y otros sólidos, que permanecen en el medio ambiente por largos períodos. Por otra parte, las fallas continuas en el suministro de agua potable obliga a las personas a almacenar agua, y que al no tener una adecuada limpieza y protección se convierten en la principal fuente de reproducción de *Ae. aegypti* (Barrera *et al.*, 2000; OPS, 1999; OPS, 2008).

No obstante, existen variables climáticas no controlables como precipitación y temperatura que favorecen la presencia del vector y, por ende aumentan la transmisión del virus dengue, contribuyendo a la diseminación de epidemias y pequeños brotes (Halstead, 1997; Hurtado *et al.*, 2007; Patz *et al.*, 1996). Así tenemos que el tiempo requerido para que el virus ingerido alcance las glándulas salivales de los mosquitos varía con la temperatura y es una variable importante en disparar la transmisión epidémica (Halstead, 1997): mientras más alta la temperatura, más corto el período de incubación extrínseco (PIE), lo cual incrementa la proporción de mosquitos que se infectan en un momento dado (Focks *et al.*, 1995; Jetten & Focks, 1997). Pequeños aumentos de temperatura dentro de la viabilidad de los mosquitos se traducen en mosquitos potencialmente más infectantes que se alimentan con mayor frecuencia (Koopman *et al.*, 1991). Mientras que el aumento de las precipitaciones aumenta el número de criaderos en recipientes artificiales y naturales para el desarrollo del vector (Johansson *et al.*, 2009; Scott *et al.*, 2000).

Estos cambios climáticos están a menudo relacionados con el fenómeno del “El Niño” Oscilación del Sur (ENSO), el cual produce valores extremos en la precipitación, temperatura y humedad, que contribuyen a cambios en los patrones de movimientos de las masas de aire y alteración en la presión atmosférica, provocando lluvias intensas y períodos muy húmedos

que contribuyen con la proliferación de *Ae. aegypti* (Johansson *et al.*, 2009; Patz *et al.*, 1996).

En tal sentido el principal objetivo del presente estudio fue investigar el impacto de las variables climáticas en la casuística de dengue y la abundancia de *Ae. aegypti* en el área metropolitana de Maracay (AMM) para el período 1997-2005, con el fin de generar información confiable que contribuya en el diseño y aplicación de estrategias para la prevención y el control de epidemias de dengue.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente trabajo se realizó en el AMM (10° 07'-10° 20' N, 67° 24'-67° 38' W), capital del estado Aragua, la cual está ubicada en el centro norte de Venezuela y abarca los municipios Girardot, Santiago Mariño, Mario Briceño Iragorry, Francisco Linares Alcántara y Libertador. Maracay forma parte de la cuenca del lago de Valencia y se encuentra en un valle limitado al norte por la Cordillera de la Costa, entre los 400 y 500 metros sobre el nivel del mar. La precipitación promedio anual es de 910 mm, temperatura media de 25,5 °C, y humedad media de 75% (Wikipedia, 2010). La estación lluviosa comprende el período Mayo-Octubre y la estación de sequía de Noviembre a Abril (Rodríguez *et al.*, 2007).

Datos climatológicos

Se obtuvieron los registros diarios y mensuales de la serie de precipitación (mm), humedad relativa (porcentaje) media, máxima y mínima, y temperatura (°C) reportada en media, máxima y mínima para el lapso 1997-2005, de la Estación Climatológica ubicada en la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay (UCV, 1997-2005).

Datos epidemiológicos

Se utilizaron las bases de datos del Laboratorio Regional de Diagnóstico e Investigación del Dengue y otras Enfermedades Virales (LARDIDEV, 1997-2005), para casos confirmados y muy sugestivos de dengue pertenecientes al AMM, que presentaron sintomatología compatible con dengue y que cumplieron con al menos uno de los criterios establecidos por la Organización

Mundial de la Salud (WHO, 2009) seguidos por el LARDIDEV; a saber: 1. Caso confirmado: positivo (+) a pruebas virológicas {(Aislamiento Viral (AV) y/o Transcriptasa Reversa de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (RTPCR))}. 2. Caso muy sugestivo: positivo (+) solamente a pruebas serológicas {(ELISA IgM y/o títulos de Inmonohemaglutinación (IH) ≥ 1.280)}

A fin de visualizar la tendencia de la casuística de la enfermedad para los años 1997-2005, los datos fueron agrupados por mes y por semana epidemiológica, por municipio, grupo etario, sexo y serotipo.

Datos entomológicos

Se utilizaron los datos que se obtuvieron en el estudio de Urdaneta *et al.* (2005) para el AMM. La metodología empleada en el mencionado estudio consistió en realizar colectas mensuales entre Noviembre 2000 y Diciembre 2001 en casas donde la Corporación de Salud del estado Aragua (CORPOSALUD) indicaba la presencia de casos clínicos de dengue y en las casas vecinas, previo a la intervención de las cuadrillas de fumigación. El muestreo de redes empleado (Lohr, 2000) se recomienda para el estudio de atributos raros de una población tomando en cuenta que la prevalencia de dengue en el área de estudio es inferior al 1% (LARDIDEV, 1997-2005). Los mosquitos adultos fueron colectados utilizando un aspirador tipo moto-mochila operado por una batería de 12 V. La búsqueda de mosquitos se realizaba durante aproximadamente 10 minutos en cada habitación de la vivienda, empezando por la habitación principal. Debido a que el número de casas muestreadas cada mes no fue constante a lo largo del estudio, para estimar la abundancia mensual de *Ae. aegypti* se tomó el número de mosquitos capturados dividido entre el número de casas muestreadas.

Análisis de datos

Los datos climáticos (precipitación, humedad relativa media, máxima y mínima, y temperatura media, máxima y mínima) y los datos epidemiológicos se agruparon por mes y por semana epidemiológica para el período 1997-2005. Los datos entomológicos se agruparon por mes para el período Noviembre 2000-Diciembre 2001. Se realizó una correlación simple entre los registros climáticos y la serie epidemiológica para el período de estudio, se llevaron a rezagos o desplazamientos de 1 a 15 semanas, a fin de determinar el efecto de la

precipitación, humedad relativa (media, máxima y mínima), y la temperatura (media, máxima y mínima) previos al aumento en los casos de dengue reportados para el lapso 1997-2005. Se realizó un modelo de regresión simple para establecer cual (es) variable(s) podría tener valor predictivo de la casuística de dengue (Pagano & Gauvreau, 2001). Se determinaron los índices estacionales (IE) para determinar en promedio con qué porcentaje se estará por encima o por debajo de la media mensual esperada tanto para la precipitación como para los casos de dengue durante los años 1997-2005 (Allen, 2000). Se utilizó el programa StatXact 8.0 (2007) para estimar la probabilidad multinomial y su respectivo intervalo al 95% de confianza, con el fin de comprobar el grupo más afectado por el dengue para el lapso correspondiente. Se aplicó el programa Statistix 8.0 for Windows (1996) para el análisis estadístico de los datos climáticos, casos de dengue (confirmados y muy sugestivos) y entomológicos para el lapso correspondiente.

RESULTADOS

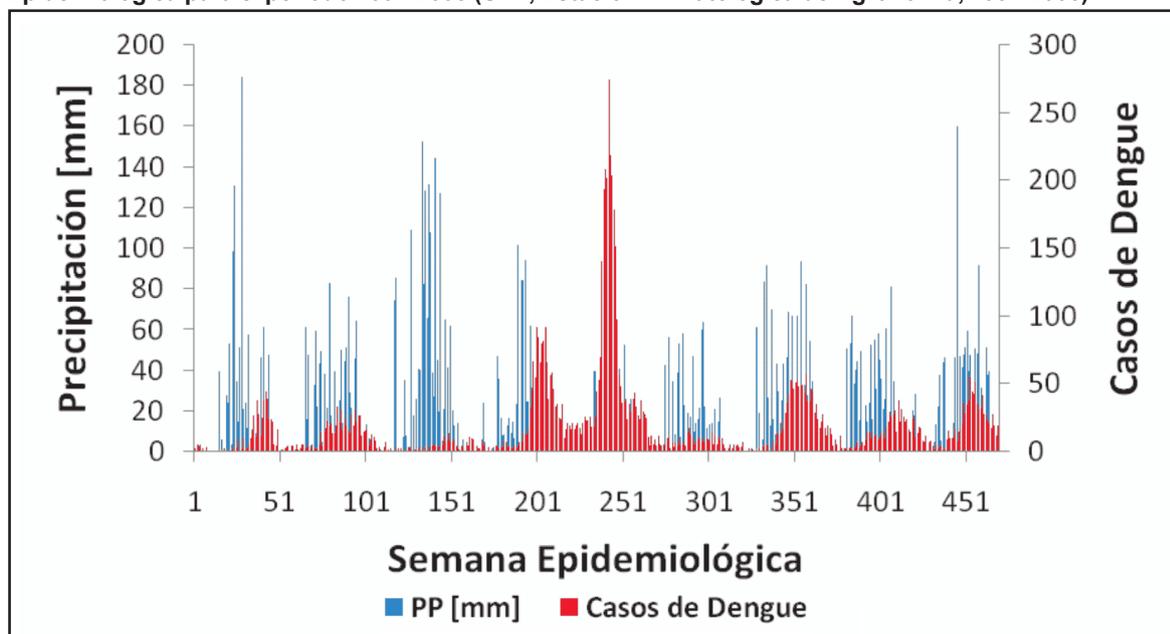
Tendencia histórica de los casos de dengue y las variables climáticas

La precipitación y la casuística de dengue por semana epidemiológica para el período 1997-2005 presenta un marcado componente estacional, mostrando ambas series de datos picos de precipitación

y casos de dengue anual; sin embargo, se observa que la precipitación tiende a ser más estable en el tiempo en comparación con los casos de dengue (Fig. 1). Además, se observa que los valores máximos en la casuística de dengue tienden a presentar cierto rezago variable en cada uno de los años de estudio con respecto a los picos máximos de precipitación, es decir, los casos de dengue aparecen varias semanas después del mes(es) de los máximos de precipitación. El análisis de correlación de Pearson mostró que existe una correlación positiva entre la precipitación y los casos de dengue para cada año ($P < 0,001$), esto significa que luego de un pico de lluvias se observa en cada año un aumento significativo en el número de casos de dengue. En general, el rango temporal observado para que exista un aumento significativo en los casos de dengue con respecto a la precipitación durante los años 1997-2005, es de 5 a 15 semanas aproximadamente ya que el rango es muy variable para cada año; sin embargo, el año 2003 se observa una correlación positiva en todos los rezagos considerados (1 a 15 semanas) e incluso sin el mismo. Algo similar se observa en el año 2001, en el cual existe una correlación positiva sin rezago, evidenciándose el rezago sólo entre una y seis semanas. A diferencia del año 2005 donde sólo existió correlación positiva ($P < 0,0001$) en las semanas tres y cuatro.

Si bien se observa que tanto la precipitación como la casuística de dengue presentan un

Fig. 1. Número de casos de dengue (LARDIDEV 1997-2005) en función de la precipitación (mm) por Semana Epidemiológica para el período 1997-2005 (UCV, Estación Climatológica de Agronomía, 1997-2005).



comportamiento cíclico y que existe cierto rezago entre la ocurrencia de ambos, se evidenció que la variación en los casos de dengue es mayor que la precipitación. Para minimizar ese efecto, y apreciar mejor la relación entre ambas variables, se calcularon los porcentajes (%) totales anuales tanto de precipitación como de casos de dengue (Fig. 2).

La tendencia histórica relativa observada en términos relativos (%), ratifica el comportamiento cíclico; sin embargo, se evidencia una coincidencia muy notable después de cierto periodo de la secuencia de los picos de porcentaje (%) tanto de precipitación como de los casos de dengue. Se observa además que el rezago entre los máximos de precipitación y casos de dengue al homogeneizarlos a la misma escala son muy uniformes. La única desventaja de esta tendencia relativa es que está basada en los porcentajes (%), lo que trae como consecuencia que el análisis se elabora con los datos totales al finalizar cada año, por lo cual este análisis es esencialmente descriptivo y retrospectivo más que predictivo, es decir, se puede esperar un aumento en los casos de dengue (%), dos o tres meses después que aumenta la precipitación (%), pero no se puede decir nada en términos de valores absolutos. El

análisis de correlación de Pearson para el porcentaje de precipitación en relación al porcentaje de los casos de dengue para la serie histórica 1997-2005 mostró valores de correlación altamente significativos con dos ($r= 0,605, P< 0,0001, 102 \text{ gdl}$) y tres ($r= 0,5944, P< 0,0001, 102 \text{ gdl}$) meses de rezago. Un análisis similar se realizó para el porcentaje de humedad relativa, resultando significativas la humedad relativa media sin rezago ($r= 0,323, P< 0,0001, 102 \text{ gdl}$), con un mes ($r= 0,437, P< 0,0001, 102 \text{ gdl}$) y dos meses de rezago ($r= 0,429, P< 0,0001, 102 \text{ gdl}$), y presentando la humedad relativa mínima un comportamiento similar sin rezago ($r= 0,310, P< 0,0001, 102 \text{ gdl}$), con un mes ($r= 0,460, P< 0,0001, 102 \text{ gdl}$) y dos meses de rezago ($r= 0,442, P< 0,0001, 102 \text{ gdl}$); luego de ocurrido el fenómeno atmosférico. Sin embargo, a pesar de estar correlacionados con el porcentaje de casos de dengue, la humedad relativa (media, máxima y mínima) lo está también con el porcentaje de precipitación, y en el modelo de regresión lineal múltiple mostraron efecto no significativo y elevados factores infladores de varianza, lo cual indica que el modelo así construido presenta problemas de colinealidad entre el efecto de la humedad relativa (media, máxima y mínima) y la precipitación, por tal motivo el modelo propuesto

Fig. 2. Porcentaje (%) promedio mensual del número de casos de dengue y precipitación para el período 1997-2005 (LARDIDEV 1997-2005; Estación Climatológica de Agronomía, UCV 1997-2005).

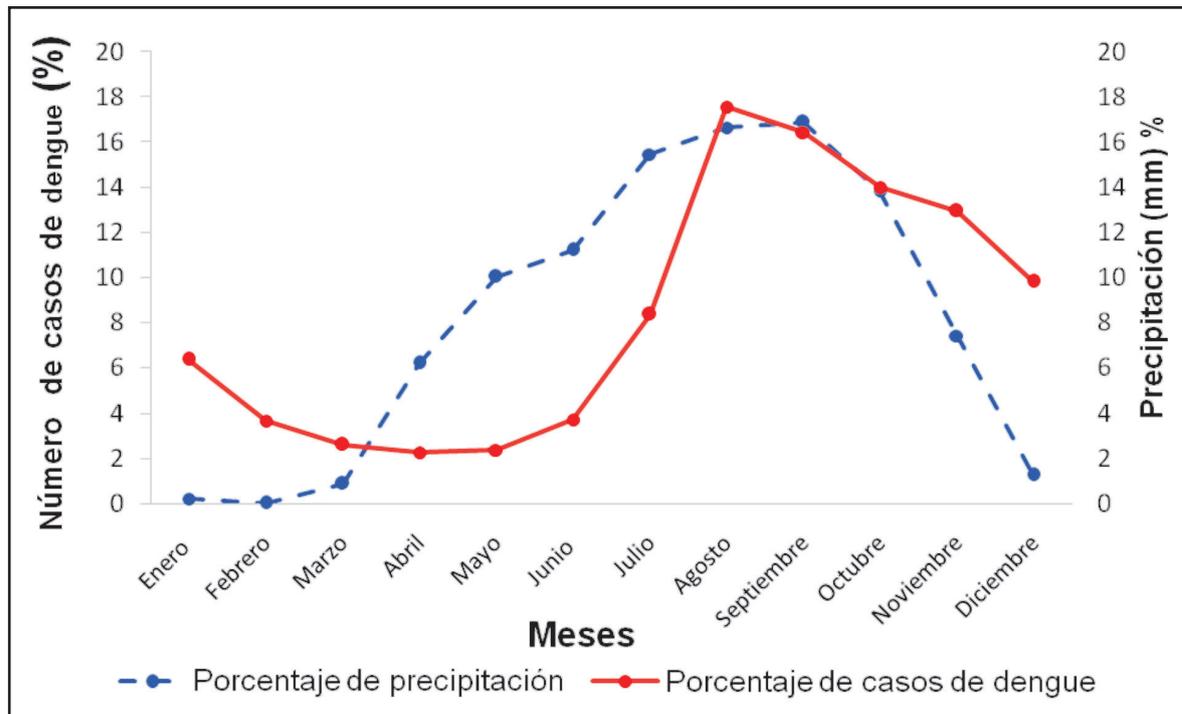
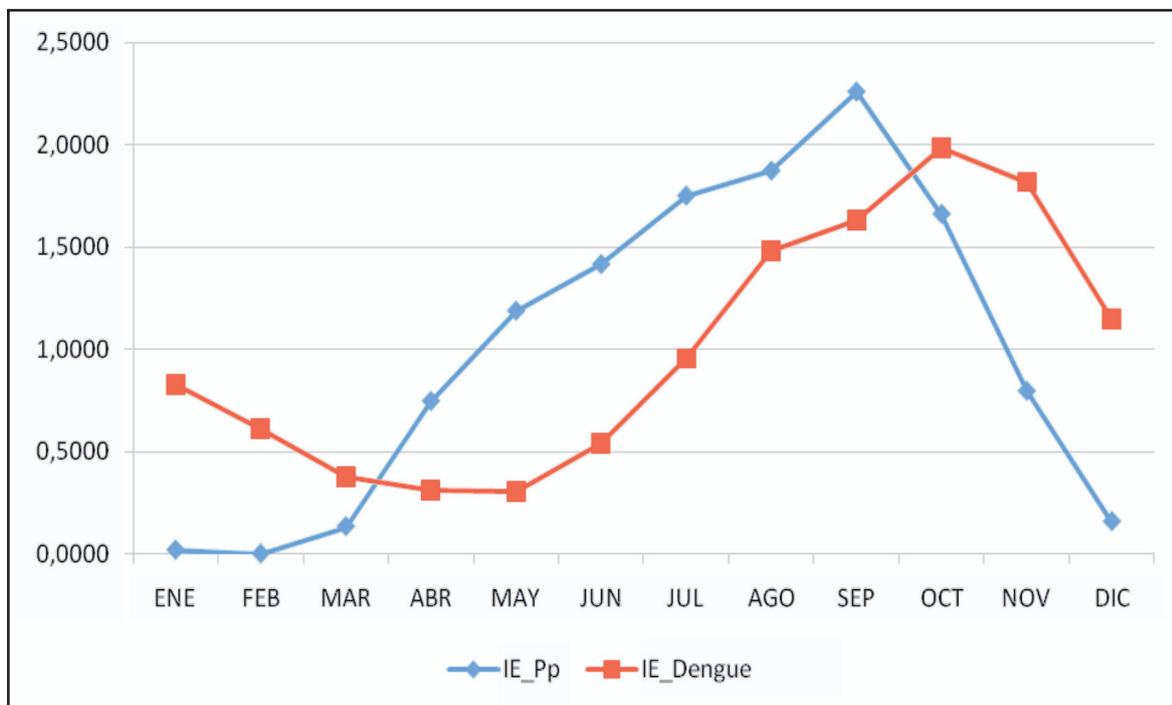


Fig. 3. Índice estacional (IE) de la precipitación y número de casos de dengue para el período 1997-2005.



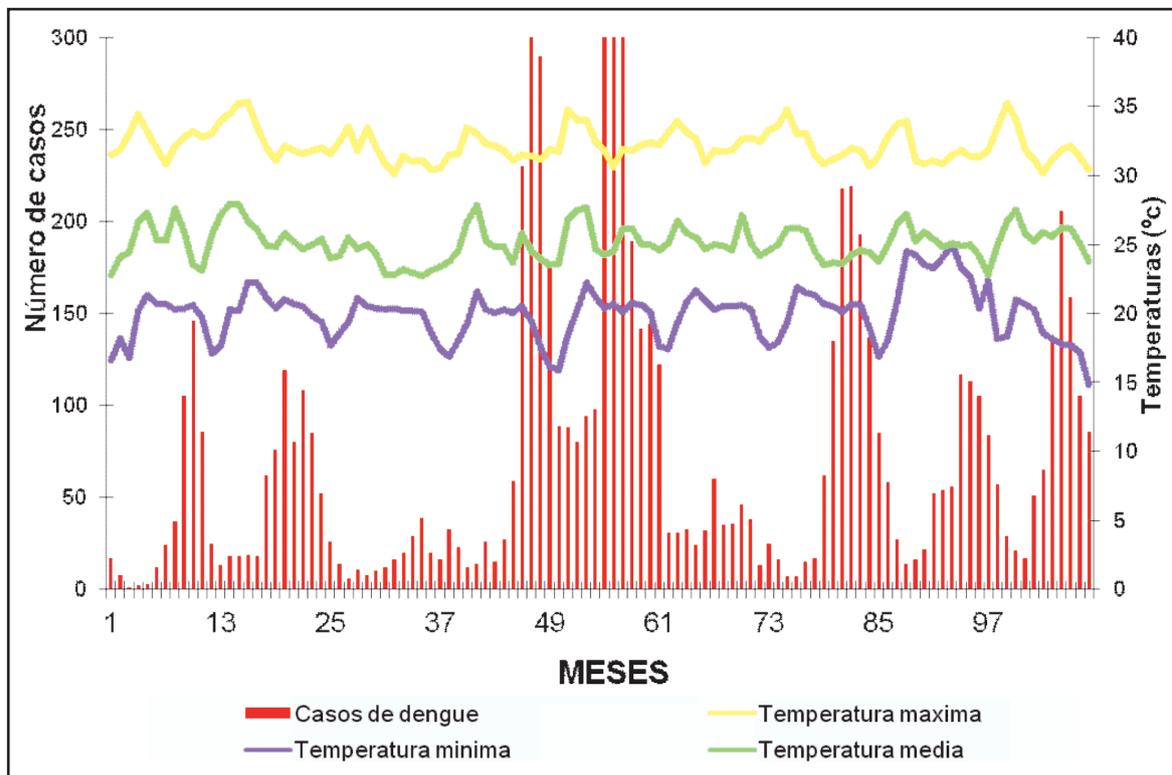
sólo incluyó al porcentaje de precipitación, ya que esta variable contiene la información aportada por las variables humedad relativa media y mínima. Con los coeficientes obtenidos se construyeron las ecuaciones de regresión correspondientes, evidenciándose una relación directamente proporcional entre el porcentaje de precipitación y el porcentaje de la casuística de dengue para el período 1997-2005. Si bien el coeficiente de ajuste para dos meses ($R^2 = 0,37$, $P < 0,0001$, 102 gdl) y para tres meses ($R^2 = 0,35$, $P < 0,0001$, 102 gdl) son bajos, tales regresiones fueron altamente significativas, indicando que efectivamente existe una relación lineal entre ambas variables.

Mediante la aplicación de la metodología del cálculo de los componentes estacionales de series de tiempo (Webster, 1996), se estimó el índice estacional tanto para la precipitación como para los casos de dengue. Dicho índice muestra en promedio con qué porcentaje se estará por encima o por debajo de la media ($M = 1$) mensual esperada tanto de casos de dengue como de precipitación. Para la serie considerada (1997-2005) se observó que el mes de Septiembre ($IE = 2,259$), seguido del mes de Agosto ($IE = 1,873$), se esperan más lluvias. Con respecto al mayor registro de casos de dengue, se esperan en

el mes de Octubre ($IE = 1,987$), seguido del mes de Noviembre ($IE = 1,818$) (Fig. 3). El coeficiente de correlación de Pearson entre el índice estacional de la precipitación y el índice estacional de los casos de dengue mostró una correlación altamente significativa con uno ($r = 0,838$, $P = 0,001$, 10 gdl), dos ($r = 0,942$, $P < 0,0001$, 10 gdl) y tres ($r = 0,798$, $P = 0,002$, 10 gdl) meses de rezago. Estos resultados permiten ratificar que históricamente la casuística de dengue ocurre con cierto rezago con respecto a la precipitación, siendo el rezago más significativo de dos meses. Esto es, que el pico en el número de casos de dengue se presenta dos meses después del pico de la precipitación; resultando una relación lineal entre ambos índices estacionales directamente proporcional, con un coeficiente de ajuste importante ($R^2 = 88,7\%$). Estos resultados fortalecen lo señalado anteriormente, es decir, la importancia del rezago de dos meses en la precipitación y su efecto en el incremento de la casuística de dengue.

Al observar la tendencia histórica de los casos de dengue para el período de estudio con respecto a la temperatura (media, máxima y mínima) (Fig. 4), a diferencia de la anteriormente descrita, no se observa ninguna tendencia entre el valor del promedio semanal

Fig. 4. Número de casos de dengue (LARDIDEV 1997-2005) en función de la temperatura media, máxima y mínima (°C) mensual para el período 1997-2005 (Estación Climatológica Agronomía, UCV 1997-2005).



de la temperatura con respecto a los casos de dengue. Se calcularon las amplitudes de cada temperatura y se obtuvieron los siguientes resultados: temperatura media de 25,20 °C (CV= 5,10%), temperatura máxima de 35,20 °C (CV= 3,65%) y temperatura mínima de 15,20 °C (CV= 9,47%); las cuales son variaciones mínimas en comparación con la amplitud observada con los casos de dengue, la cual fue de 275 casos (CV= 160,41%).

Número de casos de dengue por grupo etario y sexo para los municipios de estudio

De acuerdo al porcentaje del total de casos confirmados de dengue para el período 1997-2005, se observó la circulación simultánea de los cuatro serotipos (DEN1, DEN2, DEN3, DEN4), variando esta situación de año a año (Fig. 5). Así tenemos que durante los años 1997, 1998 y 1999 circularon los serotipos DEN1, DEN2 y DEN4, con predominio de DEN2. En el año 2000, se reportó en nuestro país la introducción del serotipo DEN3, siendo este serotipo el predominante para el período 2000-2004. Más aún,

Fig. 5. Porcentaje de los serotipos circulantes en el área metropolitana de Maracay durante el período de estudio 1997-2005 (LARDIDEV 1997-2005).

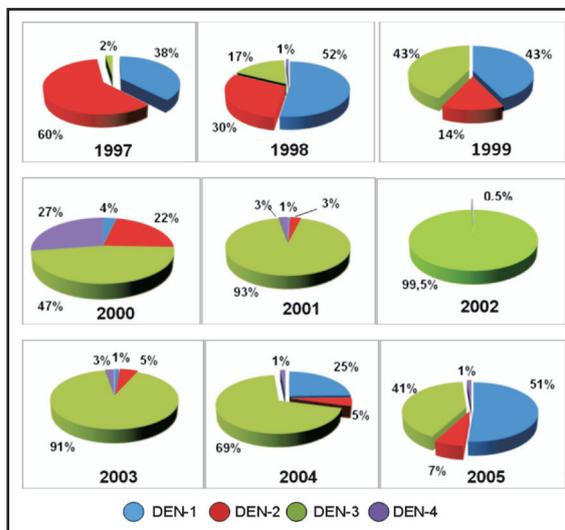
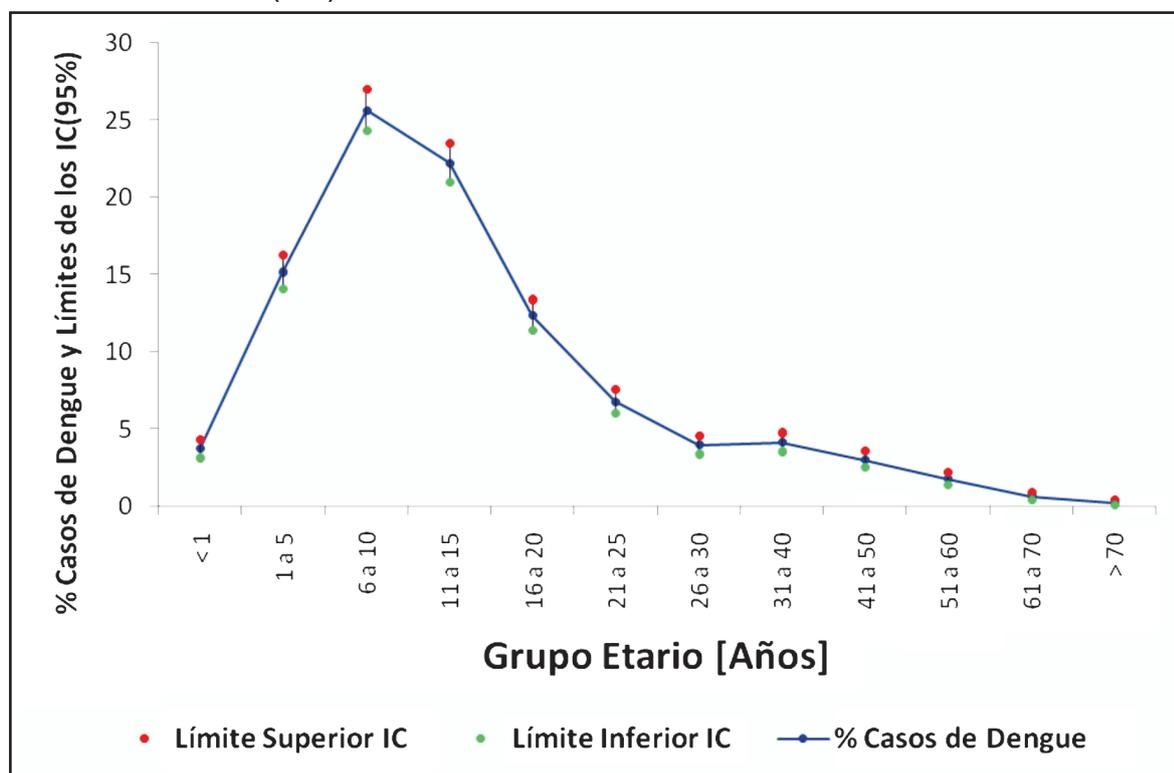


Fig. 6. Porcentaje de casos promedios por grupo etario para el período 1997-2005. Las barras indican Intervalo de Confianza (95%).



durante el año 2002, 99,5% de los casos confirmados correspondieron a este serotipo.

Al considerar los grupos etarios para el período 1997-2005, observamos que la casuística es bastante uniforme para cada año, resultando más susceptibles a padecer la enfermedad los escolares en edades comprendidas entre 6 y 10 años y adolescentes en edades entre 11 y 15 años. Esto se evidenció al estimar la probabilidad poblacional multinomial y sus respectivos intervalos de confianza en todos los grupos etarios (Fig. 6).

En relación con el sexo se observó que la enfermedad es más frecuente en el sexo masculino (52%) que en el sexo femenino (48%) de la población total para el período 1997-2005.

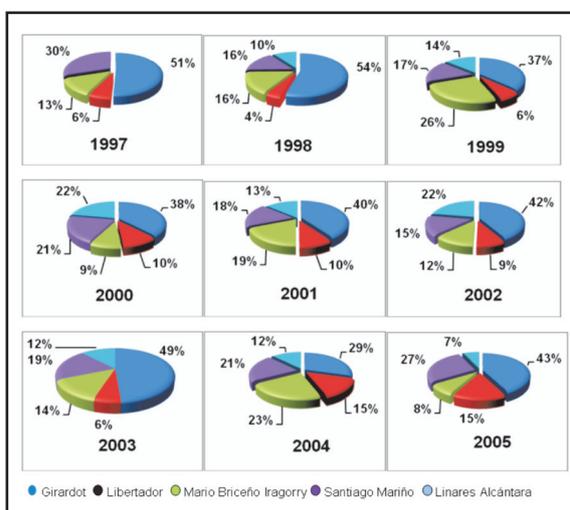
Al considerar los municipios que conforman el área metropolitana de Maracay: Girardot, Libertador, Mario Briceño Iragorry, Santiago Mariño y Linares Alcántara, se encontró una proporción variable en la

detección de la enfermedad (Fig. 7), siendo la mayor frecuencia en el municipio Girardot con 42%, seguido del municipio Santiago Mariño (20%), Mario Briceño Iragorry (15%), Linares Alcántara (13%) y por último el municipio Libertador (10%). Hay que acotar que para el año 1997 no existía el municipio Linares Alcántara; el mismo fue creado el 6 de diciembre de ese mismo año, separando la parroquia Santa Rita del municipio Santiago Mariño y naciendo así el municipio Linares Alcántara.

Abundancia de Aedes aegypti

Durante el período Noviembre 2000-Diciembre 2001 se visitaron un total de 845 casas en 87 barrios. Se colectaron un total de 2.493 hembras y 2.104 machos de *Ae. aegypti*, así como 776 culicinos en 679 de las casas visitadas (80,4%). En relación a la abundancia de *Ae. aegypti* colectados mensualmente encontramos variación estacional (Fig. 9). En efecto, el menor número de mosquitos colectados por casa (3,6 *Aedes*/casa) se obtuvo durante el mes de Abril (período de

Fig. 7. Porcentaje de casos de dengue por municipio para el período 1997-2005 (LARDIDEV 1997-2005).



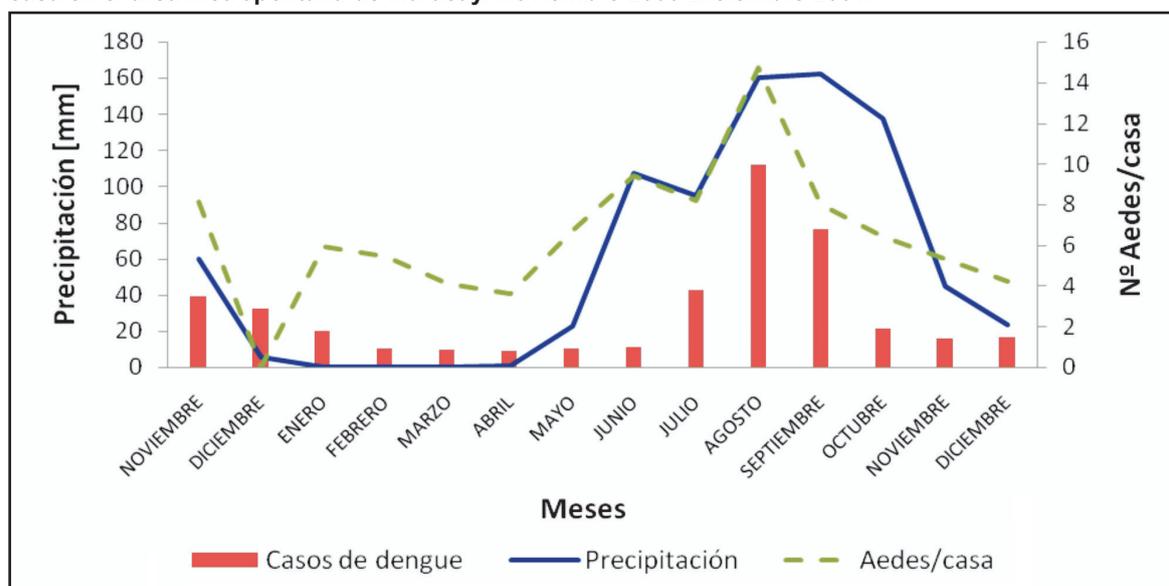
sequía) y el pico de abundancia (14,7 *Aedes/casa*) se registró en el mes de Agosto (período de lluvias); apreciándose coincidencia entre del pico máximo de precipitación y la abundancia de *Ae. aegypti*. Así mismo, se observó coincidencia entre el pico de abundancia de *Ae. aegypti* en Agosto 2001 y el pico del número mensual de casos de dengue reportados (Fig. 8). El análisis de correlación de Pearson mostró una correlación significativa entre los casos de dengue

y la precipitación ($r= 0,818, P= 0,004, 12 \text{ gdl}$) y el promedio del número de *Aedes/casa* colectados y casos de dengue ($r= 0,667, P= 0,008, 12 \text{ gdl}$); sin embargo, la ecuación de regresión múltiple obtenida muestra además de la relación entre esas tres variables, que el número de mosquitos también presenta una relación significativa con el aumento de los casos de dengue: $\text{Dengue} = 3343,36 - 0,88098 * \text{total de mosquitos} + 60,4212 * \text{Aedes/casa} - 99,7139 * \text{temperatura máxima} + 1,38476 * \text{precipitación}$

La ecuación presenta un coeficiente de ajuste $R^2 = 0,9369, 9 \text{ gdl}$, lo cual indica que existe una fuerte correlación significativa entre la precipitación, número de casos de dengue y abundancia de *Ae. aegypti* para el período comprendido entre Noviembre 2000 y Diciembre 2001. Sin embargo, por las características del muestreo de redes realizado para las colectas de mosquitos, los resultados no son extrapolables a cualquier vivienda sino simplemente a aquellas con casos positivos y las casas alrededor de las mismas en las zonas consideradas en el estudio.

Con respecto a la temperatura media y mínima no se observó correlación entre la abundancia de *Ae. aegypti* y casos de dengue durante el período de estudio; pero se obtuvo una correlación inversamente proporcional con la temperatura máxima y la casuística de dengue ($r= -0,607, P= 0,0214$).

Fig. 8. Número mensual de casos de dengue, precipitación y promedio de *Aedes aegypti* colectado por casa en el área metropolitana de Maracay. Noviembre 2000-Diciembre 2001.



DISCUSIÓN

El presente estudio describe la influencia de las variables climáticas (temperatura media, mínima y máxima, humedad relativa media, mínima y máxima, y precipitación) con la abundancia de *Ae. aegypti* y la casuística de dengue en el área metropolitana de Maracay (AMM) para el período 1997-2005. Se evidenció efectivamente que existe una asociación significativa entre el número de casos reportados con la precipitación ($r=0,7183$, $P=0,0038$) y la abundancia de *Ae. aegypti* ($r=0,667$, $P=0,0078$), pero no con la temperatura y humedad relativa para el lapso correspondiente. Resultados similares fueron reportados por Barrera *et al.* (2002), quienes concluyeron que los casos de dengue están relacionados con la precipitación; sin embargo, aseguran que la transmisión continúa durante la época de sequía, cuando se mantienen formas de almacenamiento de agua limpia, favoreciendo la permanencia en el ambiente de *Ae. aegypti*. Por su parte, Kuno (1997) reporta que la máxima transmisión de dengue ocurre en los meses del año que tienen altas temperaturas y altas precipitaciones. Durante el presente estudio la abundancia del vector fue variable a lo largo del período Noviembre 2000-Diciembre 2001, reportándose fluctuaciones estacionales comprendidas entre 3,6 *Aedes/casa* durante el mes de Abril (período de sequía) y 14,7 *Aedes/casa* durante el mes de Agosto (período de lluvia), esto significa que siempre existen criaderos artificiales como toneles, cauchos, latas, chatarra, materos y tanques, entre otros, adecuados para completar el ciclo biológico del vector, debido a que las personas almacenan agua por largos períodos por deficiencias en el suministro (Barrera *et al.*, 2002).

En cuanto a la correlación no significativa con la temperatura (media y mínima), puede ser debido a que su comportamiento es poco variable en el tiempo, lo cual es característico del trópico (Guevara, 1995); sin embargo, se observó una correlación inversamente proporcional con los casos de dengue y la temperatura máxima. Estos resultados sugieren que las temperaturas máximas registradas durante el período de estudio (1997-2005) pudieron afectar la bionomía y sobrevivencia del vector, resultando en la disminución de la transmisión. Estos resultados contrastan con los hallazgos de Rifaskis *et al.* (2005) quienes encontraron correlaciones positivas significativas entre la casuística de dengue y las anomalías de precipitación asociadas a eventos La Niña y máximas temperaturas en el valle de Caracas. Por otra parte, Scott *et al.* (2000) realizaron estudios

longitudinales en Tailandia y Puerto Rico y observaron que en Tailandia existía una correlación positiva entre la abundancia de *Ae. aegypti* y la temperatura mínima, mientras que en Puerto Rico no observaron el mismo comportamiento en cuanto a la abundancia de *Ae. aegypti* y la temperatura. Hurtado *et al.* (2007) ratifican que incrementos en los factores climáticos como la temperatura mínima semanal y precipitaciones en México, favorecen el aumento de los casos de dengue.

En el presente trabajo se reporta una correlación positiva entre la abundancia de *Ae. aegypti* y la precipitación, observándose la mayor abundancia en el mes de Agosto (14,7 *Aedes/casa*). Ho *et al.* (1971) reportan similares hallazgos en Singapur, añadiendo que otros factores inespecíficos contribuyen a la densidad poblacional de *Ae. aegypti*. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Sheppard *et al.* (1969), quienes concluyen que el tamaño de la población de hembras adultas en Tailandia no estaba correlacionada con la precipitación y la temperatura, y que la población adulta no incrementa marcadamente con la precipitación. Estos estudios demuestran que puede haber variaciones espaciales y temporales en la biología del vector *Ae. aegypti* de diferentes regiones o localidades, por lo que se debe ser cuidadoso al extrapolar resultados de un lugar a otro. Estudios longitudinales son importantes ya que nos ayudan a comprender la relación entre la dinámica poblacional de *Ae. aegypti* y el clima e incluso variaciones en la bionomía del vector a nivel local.

En cuanto a la relación entre la precipitación y casuística de dengue para el período 1997-2005, se observó un marcado componente estacional. Sin embargo, se encontró que la probabilidad del porcentaje de precipitación con respecto al porcentaje de casos ocurridos en el período de estudio fue 37%, el porcentaje restante (63%) de variabilidad con respecto a la precipitación puede deberse a otras variables no consideradas en el período 1997-2005, tales como saneamiento ambiental, alto crecimiento demográfico, deficiencias en el suministro de agua, mala disposición de desechos sólidos e incluso, patrones de tormentas, a menudo relacionados con el fenómeno del “El Niño” Oscilación del Sur (ENSO) (Barrera *et al.*, 2000; Monsalve *et al.*, 2010; Rifaskis *et al.*, 2005). Cabe señalar que el porcentaje de 37% reportado en el presente estudio para explicar la relación entre precipitación y casuística de dengue, es superior a la reportada por Saéz

(2006) para el municipio Libertador del Distrito Capital (entre 17 y 25%). Monsalve *et al.* (2010) demostraron mediante modelos Bayesianos que la presencia de casos de dengue en el área metropolitana de Maracay no está determinada únicamente por variables climáticas, sino por condiciones de pobreza, alta densidad poblacional, deficiencias en el suministro de agua y en la recolección de basura.

Con respecto a la transmisión de dengue en el AMM para el período Noviembre 2000-Diciembre 2001, se encontró una coincidencia de valores máximos entre la abundancia de *Ae. aegypti* (14,7 *Aedes/casa*) y casos de dengue (1.496) durante el mes de Agosto, correlación positiva que resulto significativa ($r=0,667$, $P=0,0078$). Este pico coincide con los hallados por Urdaneta *et al.* (2005), quienes reportan en el mes de Agosto del mismo año mayor número de mosquitos infectados con el serotipo DEN-3.

El análisis de regresión simple mostró que de todas las variables climáticas consideradas, solo la precipitación tiene valor predictivo sobre la incidencia de dengue, siendo variable para cada año del período 1997-2005. Por consiguiente, es posible predecir cuánto será el número estimado de casos de dengue esperado dos ($r=0,605$, $P<0,0001$) o tres ($r=0,594$, $P<0,0001$) meses después, luego de un pico máximo de lluvia. Varios estudios han mostrado una estrecha relación entre el aumento de la casuística de dengue y la precipitación (Johansson *et al.*, 2009; Kuno, 1997; Monsalve *et al.*, 2010; Rifaskis *et al.*, 2005; Rodhain & Rosen, 1997). Esto posiblemente está asociado al incremento en la abundancia del vector al aumentar el número de criaderos disponibles, incrementando el riesgo de transmisión.

Es importante destacar que los municipios con mayor registro de casos de dengue {Girardot (42%) y Santiago Mariño (20%)} para el período 1997-2005, concentran aproximadamente 50% de la población del AMM. Esto coincide con los hallazgos de Monsalve *et al.* (2010) y Rodríguez *et al.* (2007), quienes encontraron una tasa de incidencia mayor a 32/100.000 habitantes de los casos ocurridos en dichos municipios, concluyendo que una de las variables involucradas en la mayor ocurrencia de casos de dengue la constituye las altas concentraciones o densidades de habitantes en relación con el área en cuestión. Esto podría estar relacionado al hecho de que se encontró que los escolares y adolescentes están en mayor riesgo

de padecer la enfermedad. Una explicación posible a este hecho es que las personas más jóvenes están más expuestas a picaduras por las hembras de *Ae. aegypti*, bien sea por no usar vestimenta adecuada o estar expuestos en horas donde los mosquitos son más activos en búsqueda de su alimentación sanguínea, la cual se lleva a cabo principalmente durante el día, especialmente en las primeras horas de la mañana y a media tarde (Rodhain & Rosen, 1997).

La creciente dispersión global del dengue y de su principal vector *Ae. aegypti* representa un importante desafío para los programas de control en los países afectados. Resultados reportados en estudios precedentes así como los presentados aquí justifican la importancia que tiene el desarrollo de investigaciones que generen datos confiables y actualizados acerca de la influencia de factores climáticos y entomológicos en la aparición de epidemias de dengue. Esta información serviría como referencia a los organismos competentes en el diseño y aplicación de medidas de control, contribuyendo a su vez con el mejoramiento de la calidad de vida de la población.

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores manifiestan que en la ejecución y publicación de los resultados de estos estudios no hubo intereses financieros o de cualquier otra índole.

AGRADECIMIENTOS

A las Prof. Marelia Puche y Naghely Mendoza de la Estación Climatológica de la Universidad Central de Venezuela. Hernán Guzmán, Víctor Sánchez y José Parra quienes realizaron las colectas de mosquitos. A los árbitros por sus críticas y comentarios. Este estudio fue parcialmente financiado (L. Urdaneta-Márquez) por UNDP/World Bank/WHO/Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases y Fondo Nacional para la Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT), Venezuela.

REFERENCIAS

- Allen W. (2000). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. 3ª ed. McGraw-Hill Interamericana. México.
- Barrera R., Delgado N., Jiménez M., Villalobos I. & Romero I. (2000). Estratificación de una ciudad

- hiperendémica en dengue hemorrágico. *Rev. Panam. Salud Pùb.* **8**: 225-233.
- Barrera R., Delgado N., Jiménez M. & Valero S. (2002). Factores eco-epidemiológicos asociados con la fiebre de dengue hemorrágico hiperendémico en la ciudad de Maracay, Venezuela. *Boletín de Dengue.* **26**: 84-95.
- (CDC) Center for Disease Control and Prevention (2010). *CDC Dengue Fever Home Page*. Documento en línea: <http://www.cdc.gov/dengue/epidemiology/index.html>. (Consulta: 2010, Diciembre 19).
- Coello D. & Mazzarri M. (1990). *El control de vectores durante el brote epidémico de dengue en Venezuela, Noviembre 1989-Marzo 1990*. Plan de acción para el control del vector. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Maracay, Venezuela.
- Comach G., Álvarez M., Camacho D., Chiarello A., de Quintana M., Soler M. *et al.* (2001). Utilidad de la transcripción reversa-reacción en Cadena de la Polimerasa (RT-PCR) para la vigilancia preactiva y el diagnóstico clínico del dengue. *Bol. Malariol. San. Amb.* **41**: 27-33.
- Focks D., Daniels E., Haile D. G. & Keesling J. E. (1995). A simulation model of the epidemiology of urban dengue fever: literature analysis, model development, preliminary validation, and samples of simulation results. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **53**: 489-506.
- Gubler D. J., Novak R. J., Vergne E., Colon N. A., Velez M. & Fowler J. (1985). *Aedes* (*Gymnometopa*) *mediovittatus* (Diptera: Culicidae), a potential maintenance vector of dengue viruses in Puerto Rico. *J. Med. Entomol.* **22**: 469-475.
- Guevara J. (1995). *Meteorología*. Publicación de la Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas, Venezuela.
- Halstead S. B. (1997). Epidemiology of dengue and dengue hemorrhagic fever. pp. 23-44. En: *Dengue and dengue hemorrhagic fever*. Eds. Gubler D.J & Kuno G. Cab Internacional New York, USA.
- Ho B. C., Chan K. L. & Chan Y. C. (1971). *Aedes aegypti* (L.) and *Aedes albopictus* (Skuse) in Singapore City: 3. Population fluctuations. *Bull. Wld. Hlth. Org.* **44**: 635-641.
- Hurtado M., Riojas H., Rothenberg J., Gómez H. & Cifuentes E. (2007). Impact of climate variability on the incidence of dengue in México. *Trop. Med. Intl. Hlth.* **12**: 1-12.
- Jetten J. H. & Focks D. A. (1997). Changes in the distribution of dengue transmission under climate warming scenarios. *Amer. J. Trop. Med. Hyg.* **53**: 56-62.
- Johansson M. A., Cummings D. A. T. & Glass G.E. (2009). Multi-year Climate Variability and Dengue-El Niño Southern Oscillation, Weather, and Dengue Transmission in Puerto Rico: A Longitudinal Data Analysis. *PLoS Medicine.* **6(11)**: e1000168.
- Koopman J. S., Prevost D. R. & Marin M. A. V. (1991). Determinants and predictors of dengue infection in Mexico. *Am. J. Epidemiol.* **133**: 1168-1178.
- Kuno G. (1997). Factors influencing the transmission of dengue viruses. pp. 61-81. En: *Dengue and dengue hemorrhagic fever*. Eds. Gubler D.J & Kuno G. Cab Internacional New York, USA.
- Lohr S. (2000). *Muestreo: Diseño y análisis*. Int. Thomson Eds. México.
- Ministerio de Salud y Desarrollo Social. (2001). *Alerta. Boletín Epidemiológico N° 52*. Dirección de Epidemiología y Análisis Estratégico. Caracas, Venezuela.
- Monsalve N. C., Rubio-Palis Y. & Pérez M. E. (2010). Modelaje Bayesiano Espacio-Temporal de Factores Asociados con la Incidencia del Dengue en el Área Metropolitana de Maracay, Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.* **50**: 59-72.
- Moros Z., Abad M., Arsenal M., Martínez D., Cierco M., Costagliola A. *et al.* (2003). Diagnóstico molecular y serológico de un brote de dengue en Coro, estado Falcón - Venezuela. *Invest. Clín.* **44**: 219-226.

- OPS (1990). Dengue hemorrhagic fever in Venezuela. *Epidemiol. Bull.* **11**: 7-9.
- OPS (1999). *Prevención del dengue y el control de Ae. aegypti en Venezuela*. Rep. Téc. N° 18. Maracay, Venezuela.
- OPS (2008). *Dengue y Dengue Hemorrágico*. Documento en línea: <http://paho.org/spanish/ad/dpc/cd/dengue.html>. (Consultado: 2010, Diciembre 4).
- Pagano M. & Gauvreau K. (2001). *Fundamentos de Bioestadística*. Thomson Internacional. Madrid, España.
- Patz J. A., Epstein P. R., Bruke T. A. & Balbus J. M. (1996). Global climate change and emerging infectious diseases. *J. Amer. Med. Assoc.* **275**: 217-374.
- Rifakis P., Goncalves N., Omaña W., Manso M., Espidel A., Intingaro A. *et al.* (2005). Asociación entre las variables climáticas y los casos de dengue en un hospital de Caracas, Venezuela, 1998-2004. *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Pública.* **22**: 191-199.
- Rodhain F. & Rosen L. (1997). Mosquito vectors and dengue virus-vector relationships. pp. 45-60. En: *Dengue and dengue hemorrhagic fever*. Eds. Gubler D. J. & Kuno G. Cab Internacional New York, USA.
- Rodríguez I., Sáez V., Rubio Palis Y. & Vásquez M. (2007). Estudio preliminar: zonas de amenaza epidemiológica de dengue bajo condiciones de estacionalidad de la lluvia (1997-2002), en Área Metropolitana de Maracay-Estado Aragua, Venezuela. *Terra Nueva Etapa.* **23**: 127-159.
- Sáez V. (2006). Estudio correlativo entre dengue, precipitación y temperatura del aire, periodo 1995 a 2002, Municipio Libertador - Distrito Capital, Venezuela. *Terra Nueva Etapa.* **22**: 123-155.
- Salas R. A., Tovar D., Barreto A., Mille E., Leitmeyer K. & Rico-Hesse R. (1998). Serotipos y genotipos de virus dengue circulantes en Venezuela, 1990-1997. *Acta Cient. Venez.* **49**: 33-37.
- Scott T., Morrison A., Lorenz L., Clark G., Strickman D., Kittayapong P. *et al.* (2000). Longitudinal Studies of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand and Puerto Rico: Population Dynamics. *J. Med. Entomol.* **32**: 77-88.
- Sheppard P., Macdonald W., Tonn R. & Grab B. (1969). The dynamics of an adult population of *Ae. aegypti* in relation to dengue hemorrhagic fever in Bangkok. *J. Animal Ecol.* **38**: 661-702.
- Statistix 8.0 for Windows (1996). StartSoft Inc. USA.
- StatXact 8.0. (2007). *User manual*. Cytel software. Cambridge. Massachusetts. USA.
- Universidad Central de Venezuela (1997-2005). *Estación Climatológica de Agronomía. Registros climáticos de precipitación y temperatura media, máxima y mínima para el periodo 1997-2005*. Estación El Limón, Maracay. Aragua, Venezuela.
- Urdaneta L., Herrera F., Pernalet M., Zoghbi, N., Rubio-Palis Y. Barrios R. *et al.* (2005). Detection of dengue viruses in field-caught *Ae. aegypti* (Diptera: Culicidae) in Maracay, Aragua state, Venezuela by type-specific Polymerase Chain Reaction. *Infect. Genet. Evolution.* **5**: 177-184.
- Uzcátegui N. Y., Comach G., Camacho D., Salcedo M., Cabello de Quintana M., Jiménez M. *et al.* (2003). Molecular epidemiology of dengue virus type 3 in Venezuela. *J. Gen. Virol.* **84**: 1569-1575.
- Webster A. (1996). *Estadística aplicada para administración y economía*. 2da. edición. Irwin. Madrid, España.
- Wikipedia (2010). *Clima Maracay*. Documento en línea: <http://wikipedia.org/wiki/Maracay#clima>. (Consulta 2010, Diciembre 4).
- WHO (2009). *Dengue. Guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control*. http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241547871_eng.pdf. (Consulta 2011, Mayo 16).

Recibido el 01/02/2011
Aceptado el 29/08/2011

