

**VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y MALARIA ESTUDIO REGIONAL:
MUNICIPIO SIFONTES, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA***

Changeable weather conditions and malaria
in the Sifontes Municipality, Bolivar State, Venezuela

Vidal Sáez-Sáez, Yasmín Rubio-Palis y Jean Carlos Pino S.

RESUMEN

Se realiza un análisis comparativo de la incidencia mensual de malaria con los índices de oscilación del sur (IOS), en el sureste de Venezuela, en el municipio Sifontes del estado Bolívar, durante el período 1995-2006. Se emplearon los registros mensuales del IOS (caracteriza El Niño/Oscilación del Sur: ENOS) e incidencia de casos de malaria para el área de estudio, luego se compararon a partir de representaciones gráficas. Los registros IOS fueron categorizados según su intensidad siguiendo la clasificación de Cárdenas (2003) (0,64 neutro a >1,5 fuerte). Se realizaron análisis de correlación simple entre las series hasta con 12 rezagos o desplazamientos temporales y se evidencian que los primeros rezagos son los más significativos; finalmente, los resultados de autocorrelación señalan una mayor dependencia de la serie de la incidencia de malaria (26 períodos) y análisis de correlación cruzada sugieren que la periodicidad de las series es de 10 meses. Se concluye que las intensidades neutras a moderadas del IOS tienen un efecto (tiempo de respuesta) de 4 a 10 meses sobre la incidencia de malaria en el área de estudio.

PALABRAS CLAVE: Malaria, lluvia, enfermedad, clima, índice, Venezuela.

*Recibido: 08-02-2008

Aceptado: 02-02-2009.

ABSTRACT

The objective of this paper is to carry out a comparative analysis between the incidence of monthly cases of malaria with the South Oscillation Index (SOI), in the Sifontes municipality located in Bolivar, Venezuela, during 1995-2006. Monthly records from the SOI (It characterizes El Niño/South Oscillation: ENSO) and malaria cases incidence for the given study area were used for the analysis. The SOI records were sorted according to their intensity and the Cárdenas classification (2003) (0.64 neutral to >1.5 strong). Analysis of simple correlation were made between series with up to 12 surplus or temporal displacement and the first surplus are set to be more significant. Finally, the autocorrelation results show a higher dependency of the series of malaria incidence (26 periods) and the analysis of crossed correlation suggests that the periodicity of the series is 10 months. The study concluded that the intensities from neutral to moderate of the SOI have an effect (time to respond) of 4 up to 10 months over the incidence of malaria in the area of study.

KEY WORDS: Malaria, rain, disease, climate, rate, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

Es recurrente la transmisión de enfermedades a los grupos humanos por vectores que a su vez coexisten con parásitos o virus que afectan la salud de la población; enfermedades denominadas metaxénicas (Cadernos NAE, 2005; PAHO, 2005a, b). Como ejemplo de estas enfermedades se pueden mencionar la malaria, la leishmaniasis, el dengue y la fiebre amarilla, entre otras. La ocurrencia de este tipo de enfermedad es un fenómeno de alta complejidad, en la cual intervienen diversos factores: un agente intermediario que lo transmite al ser humano, representado por un vector, el huésped que es el ser humano y, por último, el agente etiológico, el cual desarrolla su ciclo biológico entre el vector y el hombre (Aranda, 1994). Otras condiciones que se deben considerar en este cuadro epidemiológico son las condiciones ambientales de la región donde ocurre la transmisión (GIECC, 2003; IPCC, 2002; PAHO, 2005a).

Algunas enfermedades metaxénicas han sido calificadas como reemergentes, tal como lo confirman diversas fuentes (GIECC, 2003; PAHO, 2005b) y registros en África, América y Asia tropical (McMichael y Butler, 2004). Esta calificación o condición viene acompañada por variantes, dependiendo del caso y la manera como se transmiten las enfermedades en la población. Se dice que la situación es de reemergencia si se observa en espacios que ya no registraban casos y reaparecen, a pesar de los mecanismos de control existentes; otra variante es, la

aparición de enfermedades en espacios donde no se conocían casos previos que se convierten en problemas de salud para la población (PAHO 2005a, b).

Durante las últimas tres décadas, en nuestro país, la incidencia de dengue y malaria ha surgido en gran número y parece incrementarse de un quinquenio a otro (cuadro 1, ejemplo de lo descrito se puede apreciar en los registros oficiales del período comprendido entre 1991 y 2005 (MSDS, 2006a, b).

Son diversas las causas de la reemergencia: falta de continuidad y de seguimiento de las medidas de profilaxia, resistencia a los fármacos, la dinámica de ocupación de la población actual y su desplazamiento a nuevos espacios, a los efectos de la variabilidad y del cambio climático con sus correspondientes impactos en los sistemas (PAHO, 2005b). En cualquier caso, el dengue y la malaria son enfermedades que responden a múltiples factores. Con referencia a esta última, la variación del clima y su incidencia sobre el funcionamiento de los sistemas de la Tierra es muy amplia, ya que afecta a las actividades humanas, y de manera inmediata la agricultura y la silvicultura. En los ecosistemas terrestres naturales, la hidrología y los recursos hídricos, la temperatura y nivel de los océanos, las zonas costeras, los espacios cubiertos de nieve estacional, los suelos congelados (GIECC, 2003; IPCC, 2007), y otros. Respecto a la salud humana, y como se mencionó, esta variabilidad climática ha estado siendo vinculada con la reemergencia de ciertas enfermedades que afectan a la población.

Cuadro 1. Número de casos de dengue y malaria en Venezuela, entre 1986 y 2005 (MSDS, 2006 a, b)

QUINQUENIO	DENGUE	MALARIA
1986-1990	10.962	170.287
1991-1995	65.651	115.422
1996-2000	128.359	122.930
2001-2005	220.996	174.898

Según estos dos grandes lineamientos, el primero que refiere a reconocer el cambio climático como condición real y el segundo que indica la reemergencia de enfermedades transmitidas por vectores, pueden establecerse indicios que permitirán configurar un diagnóstico de la ocurrencia de malaria y su asociación

con la variabilidad climática en Venezuela, siempre tomando en cuenta la complejidad de los factores que la conforman. Existen varias regiones del país que han sido focos endémicos de la enfermedad y ahora vuelven a concentrar la mayoría de los casos de malaria, tales como los casos de los estados Amazonas, Bolívar y Sucre (MSDS, 2006a). Estas áreas se ubican en la eco-región de bosques bajos interiores, donde el vector principal es el mosquito *Anopheles darlingi* (Rubio-Palis & Zimmerman, 1997; Osborn *et al.*, 2004).

Una de las variables que incide en la ocurrencia de casos de malaria en Venezuela, es la condición ambiental representada por las lluvias y la temperatura del aire (Gagnon *et al.* 2002; Rogers y Randolph, 2000). El régimen de las precipitaciones en el país obedece en gran medida al comportamiento estacional de la zona de convergencia intertropical, y por otra parte, la temperatura del aire, la cual es siempre cálida, varía con la altura y durante el transcurso del año.

ENOS Y SUS EFECTOS EN VENEZUELA

Por su parte, diversos fenómenos macro-climáticos afectan el clima del norte de Sur América y del Caribe, y de paso la variabilidad climática de Venezuela. (Martelo, 2002; 2003, Poveda *et al.*, 2006); entre las variables macroclimáticas (mediciones a subsistemas climáticos) están el llamado Índice de Oscilación Sur, (IOS) y otros índices que representan la variabilidad climática asociada con el sistema El Niño/Oscilación del Sur (ENOS), que constituye el mecanismo más importante de modulación del clima global a escala de tiempo interanual; también se identifican como variables macroclimáticas la temperatura superficial del Atlántico Tropical Norte y Sur (ATNOR y ATSUR), y del Pacífico Ecuatorial (NI3 y NI34), la oscilación cuasi-bianual (QBO), la oscilación de Madden-Julian, entre otros (Poveda *et al.*, 2006).

El índice IOS (SOI, en inglés) describe la diferencia de presiones atmosféricas superficiales entre Tahití (Polinesia francesa) y Darwin (Australia), asociada con la oscilación de la masa atmosférica durante las dos fases del fenómeno ENOS: fase cálida (El Niño), y fase fría (La Niña). Dada la interrelación entre las temperaturas del Pacífico y el IOS, a un Océano Pacífico tropical más caliente (El Niño) le corresponden valores negativos del IOS, ya que durante estos eventos se invierte la posición «normal» de las zonas de alta y baja presión. En general, durante La Niña se presentan los efectos inversos en el océano y la atmósfera sobre el océano Pacífico tropical.

La ocurrencia del IOS, como variable macroclimática, y su evaluación estadístico-matemática respecto a las lluvias en Venezuela hechas por Martelo (2002), quien también consideró otras variables como el ATNOR, ATSUR, IOS, QBO, NI3, NI34, concluye entre varios aspectos, que la acción del IOS y NI34 es mayor en el espacio y en el tiempo que el resto de las variables macroclimáticas; las evidencias sugieren una correlación inversa con las lluvias en la fachada norte del país y extremos occidental y oriental, Amazonas y sur-oeste de Bolívar; Martelo también afirma en sus conclusiones que el IOS demuestra los índices estadísticos más significativos, respecto a las otras variables macroclimáticas y parecería relacionarse con el patrón de las lluvias en el país. El municipio Sifontes está en el estado Bolívar, una de las regiones con mayor incidencia de malaria.

De acuerdo con esta situación, se puede hacer, a manera de revisión o exploración, una comparación entre la incidencia de malaria observada mensualmente en la población con los registros del IOS, con el fin de establecer vinculaciones descriptivas de esta condición física, que parece afectar el régimen de las lluvias y su acción en la incidencia de la enfermedad en el país.

LA INCIDENCIA DE MALARIA EN EL MUNICIPIO SIFONTES, ESTADO BOLÍVAR

El municipio Sifontes, se ubica al oeste de esta entidad. Se caracteriza por presentar en más del 90% de su superficie (25560 km², 11% del estado) con alturas cercanas al nivel del mar hasta los 500 metros; presenta un régimen de lluvias estacional unimodal y valores promedios anuales cercanos a los 1400 mm, donde los meses más secos (febrero-marzo) registran valores de más de 60 mm en promedio, con temperaturas del aire que varían entre los 25 y 27 °C en promedio durante el año. Se aprecia una red compleja hidrográfica dendrítica, y los principales cursos de aguas tienden a inundar estacionalmente las partes bajas de sus cursos. Se han descrito dos tipos de paisajes: sabanas en el norte, en los alrededores de Tumeremo en la cuenca de río Yuruari y selvas lluviosas en las tierras bajas del sur alrededor del área de El Dorado en la cuenca del río Cuyuni. Estos dos tipos están incluidos en la región fisiográfica de sabanas de Guayana (Hernández-Grillet, 1987), caracterizada por una topografía ondulada con colinas bajas (peniplanicies) (Huber, 1995) y la vegetación dominante consiste en bosques macrotérmicos ombrófilos y sabanas (Marin y Chaviel, 1996).

Por otra parte, el municipio se emplaza en una eco-región de malaria de bosques en tierras bajas interiores (Rubio-Palis y Zimmerman, 1997; Osborn *et al.*, 2004) con una epidemiología compleja, debido a la presencia de tres especies de

anofelinos involucrados en la transmisión (*Anopheles darlingi*, *An. marajoara* y *An. neomaculipalpus*) y circulación de varias especies de parásitos maláricos (*Plasmodium falciparum*, *P. vivax* (variantes 247 y 210) y *P. malariae*) (Moreno *et al.*, 2007). Durante los últimos años se ha observado un incremento alarmante de la incidencia de esta enfermedad (DRSA, 2000; 2006), y aún cuando existen razones de tipo antrópico que determinan en esta situación, considerar las variables ambientales (uno de los factores de este complejo) como el comportamiento del régimen de las lluvias -evaluado por medio de índices extratropicales (variable macroclimática, interés de este trabajo)- puede ampliar la descripción de este complejo fenómeno en el área de estudio. Si se logra identificar alguna vinculación al respecto, se podrían señalar lineamientos sobre el incremento de la incidencia y organizar planes y sistemas de alerta temprana, por parte de los organismos de la gestión pública de salud, que permitan enfrentar esta enfermedad en las poblaciones actualmente afectadas.

Se plantea como objetivo de trabajo, analizar la relación entre la incidencia de malaria y la variabilidad climática (IOS) en el período 1985-2006 en Venezuela, y en particular en el municipio Sifontes, estado Bolívar.

METODOLOGÍA EMPLEADA

Registros de información básica. Se emplearon registros anuales y mensuales epidemiológicos de malaria para Venezuela y del Índice de Oscilación del Sur (IOS; disponibles en NOAA, 2006).

El IOS empleado pertenece al espacio geográfico correlativo del ENOS 3-4. Estos valores pueden ser categorizados en umbrales de intensidad (en inglés como SSTA 34), indicados en el cuadro 2 (Cárdenas, 2003).

Los valores menores a 0,64 pueden llegar a negativos, fenómeno de condición contraria a El Niño, y se conoce como La Niña e igualmente afecta el sistema climático a nivel mundial (CIIFEN, 2006; GIECC, 2003; IPCC, 2002; Martelo, 2003).

Cuadro 2. Intensidad del evento El Niño Oscilación del Sur (ENOS) en la región 34 (Cárdenas, 2003)

INTENSIDAD DEL EVENTO	SSTA 3.4
Neutro	<0,64
Débil	0,65-1,00
Moderado	1,01-1,50
Fuerte	>1,51

Caracterización de la malaria. A fin de comprender el patrón de comportamiento temporal de la malaria en el área de estudio, se tomó en cuenta la incidencia entre los años 1995 y 2006, de los estados Bolívar, Sucre, Amazonas, municipio Sifontes y Venezuela (MSDS, 2006b), y se compararon gráficamente; los registros del municipio Sifontes provienen de la Dirección Regional de Salud Ambiental y Contraloría Sanitaria (DRSACS), estado Bolívar. Se estimó la incidencia de la enfermedad por cada 1000 habitantes, a través de la siguiente formulación:

$$\text{Incidencia semanal} = \frac{\text{número de casos mensuales}}{\text{número total de habitantes}} \times 1000 \text{ habitantes}$$

Para analizar la información de la incidencia de malaria de Sifontes con el IOS se realizó una comparación gráfica entre las series. Seguidamente se hizo un análisis de correlación simple (r) entre ambas variables, estimado como:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})}{S_x * S_y}$$

en donde: x representa los valores de la serie independiente (IOS), y valores de incidencia, y S las desviaciones estándar correspondientes a cada serie.

Se consideraron también para el cálculo de r , los desfases temporales o rezagos entre las series con el fin de cuantificar el posible efecto de rezago temporal del IOS sobre la incidencia de malaria.

Análisis de series de tiempo Sifontes e IOS. Con el objeto de determinar el grado de dependencia de los registros de incidencia de malaria y los IOS, se procedió a realizar un análisis de serie de tiempo, en primer lugar, para cada serie se estima la autocorrelación bajo la siguiente función:

$$R(k) = \frac{E[(X_i - \mu)(X_{i+k} - \mu)]}{\sigma^2}$$

Donde $R(k)$ es la autocorrelación en el retraso k , μ es el promedio de variable X , k el desplazamiento temporal considerado (normalmente denominado desfase). Con este análisis se persigue determinar la dependencia que existe entre los registros de cada serie en cuestión; y luego correlación cruzada:

$$r_{xy}(k) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) * (y_{i(k)} - \bar{y})}{S_x * S_y}$$

Donde r_{xy} es la correlación cruzada de la variable x con la variable y desplazada k (es el número del desplazo o desfase correspondiente, meses) unidades de tiempo y $y_{i(k)}$ es el valor de la variable y desplazada k unidades de tiempo. Esto permite determinar la relación entre las series de hasta 30 períodos antes y después respecto al momento actual (desfases); con los resultados obtenidos se consideraron las interpretaciones hechas con las correlaciones efectuadas entre las series. Para las estimaciones de estos modelos se utilizó el programa Poptool V 2.7.5 (2000), mientras que para la correlación cruzada se utilizó el programa Past V1.74 (1995).

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En la figura 1, se aprecia la distribución temporal de la incidencia de malaria en el estado Bolívar, municipio Sifontes y estados Amazonas y Sucre, desde el año 1960 hasta el año 2006. Según cifras del MSDS (2006a, b) se puede apreciar que el área de estudio ha sido una de las más afectadas por la ocurrencia de malaria en el tiempo a nivel regional y nacional.

El patrón de incidencia de malaria, y en particular a partir del año 2002, puede estar vinculado con aspectos muy diversos que incluyen variables sociales, biológicas y ambientales (complejidad multifactorial); en efecto, en el área se destacan como características las actividades económicas, características socio-culturales de las diversas poblaciones humanas (indígenas, criollos, inmigrantes ilegales), movilización de grupos humanos hacia áreas con presencia del mosquito vector (actividades mineras), deficiencias técnicas y administrativas del programa de control, biología y ecología del vector y el parásito, factores climáticos tales como cambios temporales en la distribución y monto de las lluvias, inciden en el incremento de la casuística de malaria.

Estudios previos realizados en el área han mostrado que los principales criaderos de anofelinos lo constituyen las minas abandonadas. La mayor abundancia de vectores principales, *An. darlingi* y *An. marajoara*, ocurre durante el período de lluvias de mayo a septiembre; sin embargo, el nivel del río Cuyuní y la temperatura del aire son las variables que se correlacionan significativamente con la abundancia de los vectores (Moreno *et al.*, 2007). Estudios epidemiológicos longitudinales realizados en diversas localidades del municipio Sifontes han demostrado que la transmisión de malaria es más intensa en los asentamientos mineros (*Op. cit.*, 2007).

En las figuras 1 y 2, se aprecia la distribución temporal de la incidencia de malaria en el período 1995-2006, en el municipio Sifontes del estado Bolívar; en general, hay transmisión de malaria durante todo el año; de la comparación se desprende que los registros de Sifontes corresponden, en promedio, al 39% del total de casos ocurridos dentro del estado, proporción que en los años 1999 y 2004 llega a poco más de 50% del total de los registros en el estado Bolívar. Esas cifras indican una situación muy particular del municipio dentro de la entidad.

Para el año 2001, era el cuarto municipio en población del estado Bolívar, y la mayor parte de ella se dedicaba a la explotación minera y las actividades agrícolas, asentamientos diseminados a lo largo de las principales vías de comunicación y áreas de influencia; aunque toda el área presenta casos de malaria, los principales centros que concentran al mayor número de infectados por la enfermedad se distribuyen al sur y centro del municipio (Moreno *et al.* 2007).

La figura 2 muestra que en los años de 1997, finales de 1999, 2003 y en adelante, la incidencia de malaria han sido altos y la tendencia sugiere un incremento en el tiempo, situación que se parece a la del comportamiento estatal (figura 1). Se aprecia en la distribución de la incidencia de malaria, que entre los años 1995 y 2002, la ocurrencia fue baja con registros que alternan con una incidencia de 10 por

cada 1000 habitantes; desde mediados del año 2003 hasta el 2006, varía entre 20 a 40 personas enfermas por cada 1000 habitantes e incluso en algunos meses del año 2004, llegó a más de 50 de cada 1000 habitantes.

Con respecto a la intensidad del IOS, y para los años en consideración se tienen los siguientes resultados, al agrupar los años de estudio en cuatro categorías:

Años neutros: con valores del IOS menores a 0,64 e incluso negativos, están los años 1995, 1996, 1999, 2000, 2001 y 2005

Años débiles: 1998, 2003, 2004 y 2006

Años moderados: 2002

Años fuertes a muy fuertes: 1997

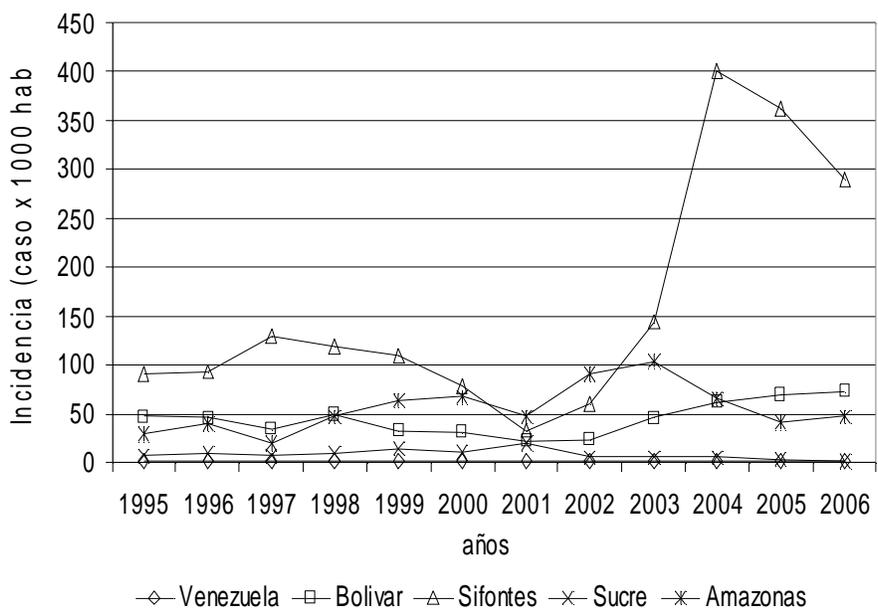


Figura 1. Incidencia anual de malaria para Venezuela, municipio Sifontes y los estados Bolívar, Amazonas y Sucre. Años 1995-2006

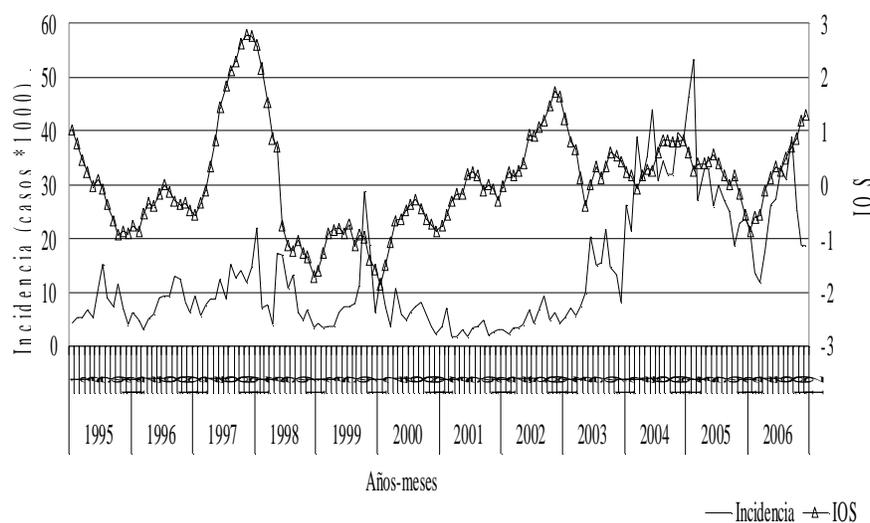


Figura 2. Comparación entre el número de casos de malaria e Índice de Oscilación del Sur (IOS), período 1995-2006. Municipio Sifontes, estado Bolívar, Venezuela

Según la categorización sugerida por Cárdenas (2003), se aprecia en el período de 12 años, tomados en cuenta para el estudio, que ha habido dos eventos de consideración, el primero y más fuerte en el año 1997 y un segundo evento, de menor proporción, en el año 2002. Entre los años de 1998 al 2001, y en contraposición al calentamiento extremo ocurrido en 1997, se observan los más bajos valores del IOS.

Dada que la ocurrencia de un evento ENOS es un proceso de carácter cuasi-cíclico, supone entonces que debería seguir un lapso neutro o de registros de valores contrarios, en este caso denominado La Niña, por tanto en las series observadas durante el período de estudio se aprecia el comportamiento cíclico del evento, propio del calentamiento y enfriamiento de la temperatura superficial del cuerpo de agua en el océano Pacífico (CIIFEN, 2006; IPCC, 2002). Se tiene que en los últimos cinco años del período de estudio, los índices señalan que ha habido un dominio de registros que se califican de débil a neutro, luego de calentamiento extremo observado entre los años de 1997 a 1998 (NOAA, 2006).

Desde el punto de vista descriptivo, al comparar, las dos curvas de la figura 2, se aprecia una coincidencia en la sinuosidad o paralelismo de los registros, entre los meses de los años 1997, 2002, 2003, 2004, 2005 y 2006; por otra parte, debe acotarse que los registros IOS durante el año 1997 fueron excepcionales y los especialistas lo catalogaron como uno de los eventos ENSO más intenso registrados en el siglo XX, tanto que las observaciones duplicaron la categoría de fuerte propuesta por Cárdenas (2003). Para cuantificar esta relación en el cuadro 3, se presentan los resultados de la correlación entre la incidencia de la enfermedad en la población y el IOS.

Para efectos de comprender la acción de estas observaciones se realizó la evaluación estadística con todas las observaciones de las series, y se determinó que el coeficiente de correlación (r) fue de 0,227 sin desfase; luego, y en la medida que las series se van desplazando en sus registros se tiene que a partir de la quinta desfase y desde el punto de vista estadístico dejan de ser significativos (cuadro 3).

Tal como se aprecia en el cuadro 3, la vinculación entre las series hasta la desfase del cuarto mes, los resultados señalan que parece existir entre las series correlación entre los registros de las variables; por otro lado, dado que el evento climático ocurre a nivel del Pacífico a miles de kilómetros de Venezuela su acción en el ámbito geográfico se debería reflejar con un cierto rezago temporal (Martelo, 2002), por eso, y bajo esta consideración se realizaron correlaciones hasta con doce meses de diferencia.

Cuadro 3. Valores del coeficiente de correlación hasta doce desplazamientos mensuales entre el número de casos de malaria en Venezuela y el IOS. Período 1995 al 2006

NUMERO DE DESPLAZAMIENTOS													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Corr. Pearson.	0,227	0,219	0,211	0,193	0,178	0,15*	0,14*	0,13*	0,13*	0,12*	0,12*	0,13*	0,16*
Sig. (bilateral)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,005	0,009	0,022	0,055	0,095	0,105	0,155	0,173
N (meses)	136	135	134	133	132	131	130	129	128	127	126	124	124

La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral). (*) correlación no significativa.

De acuerdo con este análisis se tiene que los resultados significativos se evidencian, según los datos empleados para este estudio, en los primeros meses de haber ocurrido el evento climático, es decir, se aprecia incremento en la incidencia

de la malaria al aumentar los rangos de valores del IOS, y en este caso corresponden, desde el punto de vista climático, a valores de débiles a moderados del ENOS. También se observa que, del mes ocho ya no hay correlación entre las series.

Ante estos resultados se realizó un análisis de autocorrelación a cada una de las variables en cuestión, con el fin de tomar en cuenta el grado de independencia que existen dentro de los registros de las observaciones; también, y con el objeto de considerar la vinculación entre todas las observaciones de las series (incidencia de malaria y el IOS) se realizó la estimación de correlación cruzada.

Al observar los resultados de la autocorrelación, se aprecia para el IOS una caída abrupta de los valores a partir del período 7, ello significa que los valores de la serie climática tienen dependencia hasta por este número de desplazamientos, ya sea para los eventos de enfriamiento o calentamiento del mar en el océano Pacífico (figura 3). La vinculación entre los registros de la variable climática para el resto de los rezagos o desfases siguientes no llegan a nivel de dependencia estadísticamente significativo, aún cuando entre los períodos 12 al 25 los coeficientes (negativos) tienden a estar cerca del umbral significativo del límite inferior y que de igualarlo, sugeriría una condición cíclica de la condición climática.

En cuanto a la autocorrelación con la serie de la incidencia de malaria se observa que los coeficientes dejan de ser significativos después del vigésimo sexto período, aunque se puede observar que su función vuelve a ser significativa entre los rezagos 41 al 47 (figura 3) pero con coeficientes de correlación negativo, lo que puede relacionarse con los períodos NIÑA, y corresponden al año 2004; esta condición llevaría una acción sobre el comportamiento del patrón de las lluvias, y entre otras pudieran favorecer no sólo la cantidad de los criaderos disponibles, sino su longevidad.

Martelo (2002 y 2003) sugiere, según los resultados de sus investigaciones, que existe una correlación inversa entre las variables oceánicas sobre el Pacífico tropical (aquí incluye al IOS) y las precipitaciones al sur del país; por tanto, al ocurrir un evento La Niña se puede esperar que en un lapso de meses pudiera ocurrir una alteración en el régimen normal de las lluvias en el país, y con ellos la posibilidad de incremento de afectados por la enfermedad.

Para determinar la relación de esta condición, se procedió a llevar a cabo un análisis de correlación cruzada entre la serie del IOS con la incidencia de malaria. Los resultados se pueden apreciar en la figura 4. La correlación cruzada permite observar que las series están altamente relacionadas desde su inicio hasta el período

10, luego se presentan lapsos donde la probabilidad de los coeficientes de correlación, sean positivos o negativos, no son significativos.

Esto puede responder a la alternancia en el cambio de los valores del IOS, en el Pacífico, y el tiempo de respuesta que lleva el proceso en su acción al régimen de las condiciones del medio y luego éste sobre las condiciones del vector, período que puede llevar varios meses (10), antes de que se establezca la relación entre estas variables.

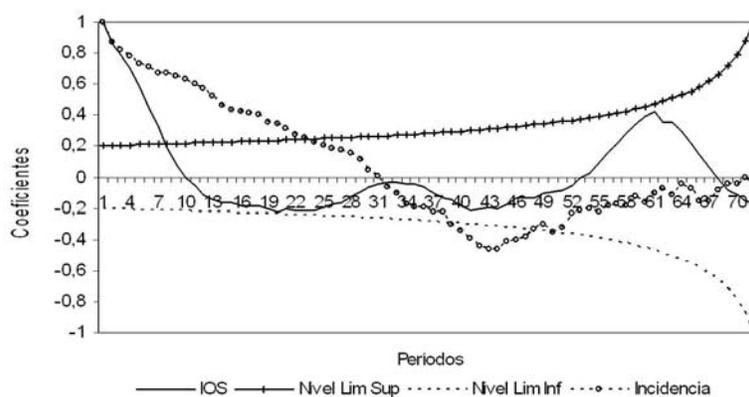


Figura 3. Comportamiento de los coeficientes de autocorrelación de las series de IOS y malaria mensual, municipio Sifontes, estado Bolívar, Venezuela, años 1995 al 2006

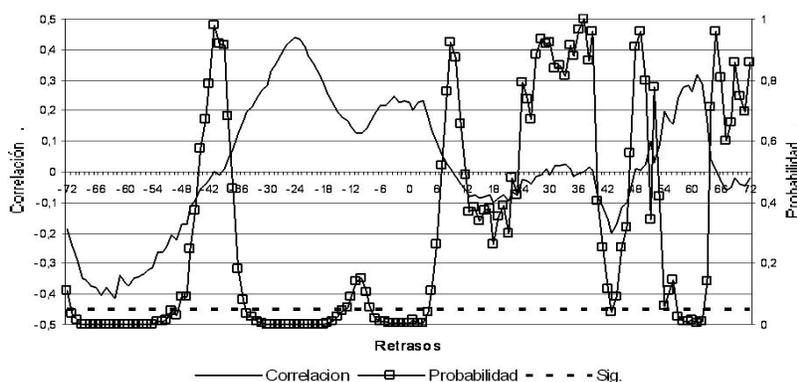


Figura 4. Comportamiento de los coeficientes de la correlación cruzada: IOS y malaria mensual en el municipio Sifontes, estado Bolívar, Venezuela, años 1995 al 2006

Esto se puede atribuir al efecto de retraso debido a la aparición de los primeros criaderos, el desarrollo de los mosquitos hasta adultos y la transmisión de la enfermedad a nuevos hospedadores. Este desfase concuerda con lo anteriormente discutido en relación con el comportamiento de las lluvias (Martelo, 2002). Del análisis también se desprende que los coeficientes más altos son los positivos, y además son significativos por mayor cantidad de períodos (-16 al -38, -46 al -71). Al cotejar estos rezagos con los años de las series, se tienen que corresponden en buena parte al año 2004 y 2002, representan los lapsos donde los valores del IOS fueron de débiles a moderados.

Finalmente, estos resultados junto con los análisis anteriores como la comparación y correlaciones permiten sugerir que, entre los diversos factores que determinan el comportamiento de la malaria está la condición ambiental, y uno de sus elementos es la acción que podría ejercer la macrovariable climática del IOS, la cual se expresa sobre la acción en el monto y duración de las lluvias en Venezuela, por tanto en la ecología de los vectores que la transmiten.

CONCLUSIONES

Estudiar las condiciones ambientales es muy importante para comprender la ocurrencia de casos de enfermedades transmitidas por vectores. El número de afectados por malaria se ha incrementado durante el último quinquenio, y entre las diversas causas que inciden en esta reemergencia de los episodios epidémicos se encuentra la variabilidad del clima.

El comportamiento del clima en Venezuela está definido dentro del ámbito tropical, y el régimen de las lluvias, en casi todo el país, es de tipo estacional, es decir, existe un período de lluvias y otro menos lluvioso, condición que determina el patrón de distribución las diversas formas de vida del territorio.

Una alteración en el régimen de las lluvias debe llevar una consecuencia o incidencia sobre los grupos de organismos, y entre ellos, a los vectores que transmiten la malaria. En nuestro país se han dado demostraciones que las lluvias han presentado modificaciones o alteraciones (anomalías) en ese sentido respecto a su régimen (Martelo 2002, 2003; Acevedo *et al.*, 1999; Andressen *et al.*, 1996), en monto e inicio, de manera no uniforme sobre el territorio y en el tiempo, cuando se ocurren alteraciones extratropicales (ENSO), en este trabajo el evento que caracterizó la anomalía fue el IOS. Parece quedar demostrado que los casos de malaria aumentan de cuatro a diez meses, y en adelante (tiempo de respuesta), en las fases en que las

anomalías en el Pacífico están en el rango de valores neutro a moderados, según las calificaciones sugeridas por Cárdenas (2003), en los años considerados para el estudio.

Se hace imprescindible aumentar el número de registros de casos en el tiempo y en el espacio para fortalecer los análisis al respecto, también es necesario considerar en lo futuro análisis a diversas escalas regionales, ya que la ocurrencia de los casos de malaria está diferenciada en el contexto geográfico del país, y se pueda así, identificar un patrón de comportamiento de la incidencia respecto a las condiciones de humedad (lluvias) y la acción de las variables macroclimáticas (IOS).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento del Inter-American Institute for Global Change Research/CRN-048. Nuestro agradecimiento al Prof. Víctor Hugo Aguilar del IGDR-UCV por sus orientaciones en el análisis estadístico de las series. Al personal de la Sala Situacional y Estadística. Dirección de Epidemiología Ambiental (MSDS). Maracay. Al Departamento de Actividades Médicas y Epidemiológicas–Instituto de Salud Pública del estado Bolívar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo M, Andressen R, Ramirez H. & M. Ablan. (1999). *Relation of climate variability in Venezuela to Tropical Pacific SST anomalies*. American Meteorological Society. Dallas, TX. 10th Symposium on Global Change Studies: The The ENSO. Preprints. 81-84.
- Andressen R, Robock A & Acevedo M. (1996). Escenarios de cambio climático, por efecto invernadero y deforestación para Venezuela. *Revista Geográfica de Venezuela.*, 37 (2): 221-250.
- Aranda, J. (1994). *Epidemiología general*. Publicaciones de la Universidad de los Andes, I y II Tomo, Mérida, Venezuela.
- Cárdenas, P. (2003). *Impactos de los eventos El Niño-Oscilación del Sur en Venezuela*. Caracas: Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales–Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo–Proyecto VEN/00/G31.

- Cadernos NAE. (2005). Negociações internacionais sobre a mudança do clima. Volume I. 3. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos de Presidência da República.
- Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN). (2006). La Agenda Científica del CIIFEN. Documento en Línea. Disponible en: <http://www.ciifen-int.org/modules.php?name=News&file=article&sid=44>. [Consultado: 2007, febrero, 18].
- Gagnon AS, Smoyer-Tomic KE & Bush ABG. (2002). The El Niño Southern Oscillation on malaria epidemics in South America. *Internl. J. Biometeorology*, 46: 81-89.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (GIECC). (2003). Cambio climático 2001: Informe de síntesis. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial-Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Hernández-Grillet, R. (1987). Geografía del estado Bolívar. SIDOR C.A., Academia Nacional de la Historia, Caracas, Venezuela. 260 p.
- Huber, O. (1995). Geographical and Physical Features. En: Flora of the Venezuelan Guayana (ed por PE Berry, B K Holst & K Yatskievych), Vol 1, pp: 1-61, Timber Press Inc., Portland, USA.
- International Panel Climate Change (IPCC). (2007). Climate change: synthesis report. Summary for policymakers. World Meteorological Organization. Geneva.
- Marín E., Chaviel A. (1996) Ecología de la Cuenca del Río Caura, Venezuela: I. Caracterización General, *Scientia Guaianae*, 6, pp: 60-65.
- Martelo, M. (2002). Influencia de las variables macroclimáticas en el clima de Venezuela. Trabajo de ascenso. Maracay: Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.
- Martelo, M. (2003). Metodología para la selección de modelos de circulación general de la atmósfera y de escenarios climáticos a incluir en la primera comunicación nacional en cambio climático de Venezuela. Caracas: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-Proyecto VEN/00/G31.

- Moreno JE, Rubio-Palis Y, Páez E, Pérez E, Sánchez V. (2007). Abundante, biting behaviour and parous rate of anopheline mosquito species in relation to malaria incidente in gold-mining areas of southern Venezuela. *Medical and Veterinary Entomology*, 21, pp. 339-349.
- McMichael AJ & Butler CD. (2004). Climate change, health and development goals. *Lancet*, 364: pp: 2004-2006.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN). (2005). Primera comunicación en cambio climático en Venezuela. Caracas: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Ministerio de Salud y Desarrollo Social (MSDS). (2006a). Alerta epidemiológico. Años 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007. Caracas: Dirección General Sectorial Epidemiológica.
- Ministerio de Salud y Desarrollo Social (MSDS). (2006b). Casos de malaria en Venezuela desde 1936 hasta 2007. Sala Situacional y Estadística. Dirección de Epidemiología Ambiental. Maracay: Dirección General de Salud Ambiental.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2006). Surface sea temperature anomaly. Documento en Línea. Disponible en: <http://www.cpc.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>. [Recuperado 2006, julio].
- Osborn FR, Rubio-Palis Y, Herrera M, Figuera A, Moreno J. (2004). Caracterización ecoregional de los vectores de malaria de Venezuela. *Boletín de Malariología y Saneamiento Ambiental*, 44, 77-92.
- Panamerican Health Organization (PAHO). (2005a). Alerta temprana de enfermedades relacionadas con el clima. *Boletín de la Organización Panamericana de la Salud*. Documento en Línea. Disponible en: http://www.paho.org/Spanish/DD/PIN/ahora16_abr05.htm. [Recuperado 2006, febrero 28].

- Panamerican Health Organization (PAHO). (2005b). Vigilancia, prevención y control de enfermedades transmisibles. Boletín de la Organización Panamericana de la Salud. Documento en Línea. Disponible en: http://www.paho.org/Spanish/DD/PIN/ahora16_abr05.htm. [Recuperado 2006, febrero 28].
- Past V 1.74. (1995). Palaeontological STatistics. Documento en Línea. Disponible en: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>. [Recuperado 2007, octubre 12].
- Poveda G & Rojas W. (1997). Evidencias de la asociación entre brotes epidémicos de malaria en Colombia y el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO). *Rev. Acad. Col. Ciens. Exactas Fís. y Nat.*, 21. pp. 421-429.
- Poveda G, Rojas W, Quiñónez M, Vélez I, Mantilla R, Ruíz D, et al, (2001). Coupling between annual and ENSO timescales in the malaria-climate association in Colombia. *Environm. Hlth. Persp.*, 106, pp: 489-493.
- Poveda, G, P. R. Waylen, and R. Pulwarty. (2006). Modern climate variability in northern South America and southern Mesoamerica. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, & Palaeoecology*. 234, pp: 3-27.
- PopTools V 2.7.5. (2000). Analysis of matrix population models and simulation of stochastic processes. Documento en Línea. Disponible en: <http://www.cse.csiro.au/poptools/>. [Recuperado 2007, octubre 12].
- Rogers, DJ & Randolph SE. (2000). The global spread of malaria in a future warmer world. *Science*, 289: 1763-1766.
- Ropelewski, C. & M Halpert. (1987). Global and regional scale precipitation patterns associated with El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Rev.* 115. pp. 1606-1626.
- Roosel, F. (1998). Influencia de El Niño sobre los regímenes hidroluviométricos de Ecuador. Informe Técnico. Quito: Instituto de Hidrología y Meteorología del Ecuador/Institute Francais de Récherche Scientifique pour le développement en Cooperation.

Rubio-Palis Y, Zimmerman RH (1997) Ecoregional classification of malaria vectors in the neotropics. *Journal of Medical Entomology*, 34, pp: 499-510.

Vidal Sáez-Sáez, Profesor Asociado. Doctor en Ciencias, UCV 2002. Especialista en Agrometeorología, Bélgica, 1990. Licenciado en Geografía, UCV, 1987. Director de los Estudios de Postgrados de la Facultad de Humanidades y Educación. Coordinador de la Maestría en Análisis Espacial y Gestión del Territorio FHE-UCV. Miembro del Comité Académico del Doctorado en Humanidades. UCV. Docente en pre y postgrado-UCV. Correo electrónico: vial2ss@cantv.net.

Yasmín Rubio-Palís. Licenciada en Biología, UCV; Master of Science en Parasitología Médica, Universidad de Londres; PhD en Entomología Médica, Universidad de Londres. Biólogo Jefe, Ministerio de Salud (desde 1985). Profesor Titular, Universidad de Carabobo, investigador adscrito al Centro de Investigaciones Biomédicas, UC. Publicaciones en revistas arbitradas nacionales e internacionales; Libros y capítulos de libros. PPI Nivel III. Correo electrónico: rubiopalís@yahoo.com.

Jean Carlos Pino Sánchez. Médico Cirujano-UC (2005). Ambulatorio La Florida. Estado Carabobo. Preparador de Práctica Médica II – Facultad de Ciencias de la Salud. Departamento de la Salud Pública 2003–2005. Miembro AsoVAC. Investigador Contratado del Centro de Investigaciones Biomédicas de la Universidad de Carabobo, Sede Aragua. Médico Residente Hospital Pérez de León, estado Miranda. Correo electrónico: carlos03031@hotmail.com.