

LA DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DEL SISTEMA MALARIA EN EL FOCO NOR-ORIENTAL DE VENEZUELA

SPATIOTEMPORAL DYNAMICS OF THE MALARIA SYSTEM IN THE NORTHEASTERN VENEZUELAN FOCUS

Laura Delgado

Laboratorio de Sistemas de Información y Modelaje Ecológico y Ambiental, Instituto de Zoología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Apartado 47058, Caracas 1041-A, Venezuela. Email: ldelgado@strix.ciens.uc v.ve

RESUMEN

Un proceso de reemergencia y emergencia de enfermedades transmitidas por vectores (metaxénicas), dentro de las cuales se encuentran malaria, dengue, leishmaniasis, Chagas, fiebre amarilla, encefalitis, etc., está ocurriendo en la actualidad a nivel mundial. Si consideramos que estas enfermedades son sistemas complejos y dinámicos, encontraremos que un elemento importante que ha contribuido con el proceso de repunte de éstas, es que al momento de diseñar las diferentes estrategias de prevención y control se olvida que son sistemas ecológicos con una expresión espacio temporal diferenciada y por lo tanto las medidas que se implementan no conducen a la obtención del éxito epidemiológico. Por el contrario, generan resistencia tanto de los agentes patógenos a los medicamentos como del vector a los controles químicos, impactan el ambiente, etc. Esto ha provocado una revisión de los modelos de salud que se venían implementando de manera tradicional, encontrándose, que estos modelos *per se* no permitían explicar el porque del resurgimiento y los incrementos de dichas enfermedades. Se imponía la necesidad de una nueva perspectiva de manejo de estos problemas de salud pública, donde de manera holística, con el enfoque sistémico que nos permite la Ecología de Paisaje, y las tecnologías geoespaciales, se caracterizara el contexto espacial y la multifactorialidad de estos sistemas. La malaria, como ya se mencionó anteriormente, es uno de estos sistemas. Venezuela se ha visto afectada al igual que el resto de los países del neotrópico por esta enfermedad. Se han reportado tres focos, dentro de los cuales, el nororiental conformado por los estados Delta Amacuro y Sucre constituye uno de los más importantes de nuestro país, siendo este último estado el objeto de nuestra investigación. Para ello se estructuró una base cartográfica a escala regional media 1:100.000, que permitió trabajar todo el estado y caracterizar aquellas variables que, individualmente o en sinergia, están vinculadas a la presencia y al mantenimiento de la malaria en este estado. Algunas de éstas fueron: altura, porcentaje de pendiente, topografía, el tipo de vegetación y sus patrones, el uso de la tierra y sus patrones, gradientes, etc. El procesamiento de la imagen Landsat 153 TM5 y el Modelo Digital de Terreno (MDT) que se obtuvo a partir de las curvas de nivel, permitieron la detección de unidades naturales (humedales) dentro de las cuales se generan lugares propicios para la oviposición del vector de la malaria en esta zona, *Anopheles aquasalis*. Desde el punto de vista de la salud pública, es importante conocer estos humedales y caracterizarlos para su manejo. Como resultado del análisis espacial, se han generado una serie de mapas temáticos que permiten evaluar la ubicación de estas unidades, su relación con los focos y otras características relacionadas con el estado actual de la malaria en este estado, e inferir sobre el riesgo de las comunidades ubicadas en las áreas de influencia de estos focos. Este diagnóstico espacio-temporal permitirá a los epidemiólogos evaluar el funcionamiento de las medidas de control a lo largo del tiempo y sobre los criaderos del vector, así como observar sus efectos en la incidencia de la malaria y corregir con estas experiencias de manejo los procesos de toma de decisiones, los diseños de nuevas campañas de control y la generación de nuevas hipótesis sobre el modelo de la dinámica de la endemia.

ABSTRACT

A process of emergence and reemergence of vector-borne (metaxenic) diseases, such as malaria, dengue, leishmaniasis, Chagas, yellow fever, encephalitis, etc., is taking place worldwide. Designing prevention and control strategies does not necessarily lead to epidemiological success, contributing often to disease reoccurrence and resulting in pathogen resistance to pharmaceuticals, vector resistance to chemical control, environmental impact, etc., partly because the measures implemented overlook an essential aspect that is the distinct spatiotemporal expression presented by these ecological systems. This discovery caused a revision of the health models implemented traditionally. Models per se cannot explain the resurgence and expansion of such diseases. A new approach was needed for managing public health problems, and a breakthrough came with the systemic approach made possible by landscape ecology and geospatial technologies, which allow the characterization of spatial context and system multifactoriality. Malaria is one such systems. Several Neotropical countries have been affected by it and three foci have been reported in Venezuela. The important northeastern focus includes the states Delta Amacuro and Sucre, being the latter the object of our study. A cartographic base structured at medium regional scale, 1:100,000, allowed to work with the entire state and to characterize individual or synergistic variables linked to the presence and maintenance of malaria in that state. Main variables were height, slope, topography, vegetation type and patterns, land use, patterns and gradients, etc. Processing of a Landsat 153 TM5 image and a digital terrain model (DTM) generated from contour lines, permitted the detection of natural units (wetlands) in which suitable places were found for oviposition of the malaria vector, *Anopheles aquasalis*. These wetlands are important from the public health's view to know and characterize their management. As a result of spatial analysis, a series of thematic maps were generated allowing the location of those units, their relation to malaria foci and other characteristics related with its current status in the state, and to infer community risk in the foci's areas of influence. This spatiotemporal diagnostic will allow epidemiologists to evaluate the working of control measures through time, to study the vector's breeding sites, to observe the effects of malaria incidence, and to correct management output on the decision-taking process, as well as the design of new control campaigns and the formulation of new hypotheses on models of endemic dynamics.

Palabras clave: *Anopheles aquasalis*, control, malaria, manejo, MDT, mosquito, riesgo malárico, sensores remotos.

Key words: *Anopheles aquasalis*, control, DTM, malaria, malaria risk, management, remote sensors

INTRODUCCIÓN

La reemergencia a nivel mundial de enfermedades transmitidas por vectores (enfermedades metaxénicas), tal como la malaria, el dengue, la encefalitis, Chagas, oncocercosis y otras, está asociada a múltiples factores de diversa índole, que abarcan desde los factores políticos y sociales hasta los ambientales (alteración de patrones naturales, cambios de uso de la tierra, etc.) y físico-geográficos, enfatizando en estos últimos las variables fisiográficas y climáticas (fenómeno de El Niño y La Niña, cambios en los patrones de lluvia, etc.). Esta naturaleza multifactorial ha llevado a los investigadores a obtener la mayor información posible sobre la dinámica espacio-temporal de estas endemias y a trabajarlas bajo un enfoque sistémico. Delgado y col. (2003a; 2003b; 2003c; 2004) reportan que estos problemas de salud pública, en espe-

cial el relacionado con la presencia de la malaria en algunas áreas de Venezuela, deben ser abordados de manera holística y desde la perspectiva que nos proporciona la Ecología del Paisaje. Así mismo, estos autores consideran a dicha endemia rural como un sistema complejo y multifactorial, en donde el nivel de complejidad requiere del manejo de grandes volúmenes de datos que no pueden tratarse con las técnicas tradicionales. Tal cantidad de información demanda una herramienta novedosa, como son los Sistemas de Información Georeferenciada o Geográfica (SIG) que permiten la integración tanto de la información proveniente del contexto geoespacial como de la que la caracteriza (atributal). De esta manera se pueden determinar aquellas variables que tienen un efecto sobre la dinámica de esta enfermedad, y a través del análisis espacial identificar y describir patrones que solo tienen sentido en su expresión espacial a diferentes niveles de resolución.

Como ya se ha venido mencionando en Venezuela enfrentamos serios problemas de salud pública, como la transmisión de la malaria y el dengue, los cuales se han ido acentuado por el deterioro de las condiciones socio-económicas. Se han reportado tres focos importantes de malaria, de éstos el nororiental, que comprende los estados Sucre y Delta Amacuro, es sobre el cual se tiene una especial atención. Delgado y col. (1994) presentaron uno de los primeros trabajos sobre los factores que condicionaban la malaria en la zona noroeste del Estado Sucre y propusieron un modelo predictivo, modificado de Wood y col. (1989), sobre la transmisión malárica. En otro estudio a nivel local, Barrera y col. (1998) reportaron algunos elementos que desde un punto de vista ecoepidemiológico estaban relacionados con el riesgo de contraer malaria, específicamente en el área de Santa Fe, Estado Sucre. Delgado y col. (1999) y Delgado y col. (2000a; 2000b; 2001; 2002; 2003a; 2003b; 2003c; 2004) han estado evidenciando que hay elementos del paisaje a nivel regional y de gran visión que están asociados a la presencia y persistencia de la malaria en el estado Sucre. Recientemente, Mushizimina y col. (2006) han identificado, a través de sensores remotos, elementos del paisaje que son determinantes en la formación de criaderos o hábitat larval del vector de malaria en Kenya.

El objetivo de este trabajo es mostrar que la malaria tiene una expresión espacio-temporal diferenciada en el estado Sucre y que tanto el enfoque sistémico de la Ecología de Paisaje, así como las tecnologías geoespaciales, nos abren nuevas perspectivas para la interpretación de la dinámica de este sistema ecológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El área de estudio, constituida por el estado Sucre, se encuentra localizada en la parte nororiental de Venezuela, ubicada específicamente entre los meridianos 61° 50' 44'' y 64° 30' 00'' W y los paralelos 10° 13' 10'' y 10° 44' 10'' N, con una superficie de 11.800 Km² (Fig. 1). De acuerdo a la información proporcionada tanto por el Ministerio

de Salud y Desarrollo Social como por el organismo regional de salud del estado Sucre, Fundasalud, la región es de alta incidencia malárica, lo cual genera, junto con los estados Bolívar y Amazonas, la mayoría de los casos de malaria a nivel nacional. La región está dividida administrativamente en cuatro demarcaciones sanitarias (A, B, C, y D) para atender a los habitantes en riesgo. Tal como lo describen Delgado y col. (2004) es un área cuya característica natural es la presencia de humedales, entendiéndose éstos como zonas inundables que resultan de la acumulación y retención de agua de lluvia y de drenajes superficiales, lo cual facilita la generación de criaderos del vector de la malaria en este Estado, *Anopheles aquasalis*.

Modelo propuesto

La malaria se ha definido como un sistema ecológico complejo (Delgado y col. 2003a; 2003b; 2003c; 2004; Keating y col. 2003). Esto significaba conocer tanto la dinámica del vector como las variables ambientales relacionadas con la presencia de la enfermedad en el estado Sucre. También implicaba conocer el modelo epidemiológico, el modelo de la ecología del vector, los aspectos hidrológicos, la topografía, así como algunos elementos del paisaje. Es decir, que se debía integrar información de diferentes fuentes, tanto *raster* como vectorial. Por ello se planteó un modelo modificado de Wood y col. (1989) (Fig.2). Dicho modelo nos permitió saber que lo importante era llegar al modelo predictivo de transmisión malárica.

Datos espaciales y epidemiológicos

Se trabajó a varios niveles de escala: una escala regional mediana, 1:500.000, una escala regional grande que estaría representada por el 1:100.000 y una escala más local. Se construyó un modelo digital de terreno a partir de las curvas de nivel de las cartas topográficas 1:100.000, con un tamaño de celda de 100 m y se usó el algoritmo de interpolación de 5° orden, tal como lo describen Delgado y col. (2003a; 2004) a partir del cual se obtuvo información sobre las variables altura y pendiente. Los datos epidemiológicos fueron suministrados por malariología (antiguo Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, SAS) y el organismo regional de salud Fundasalud Sucre.

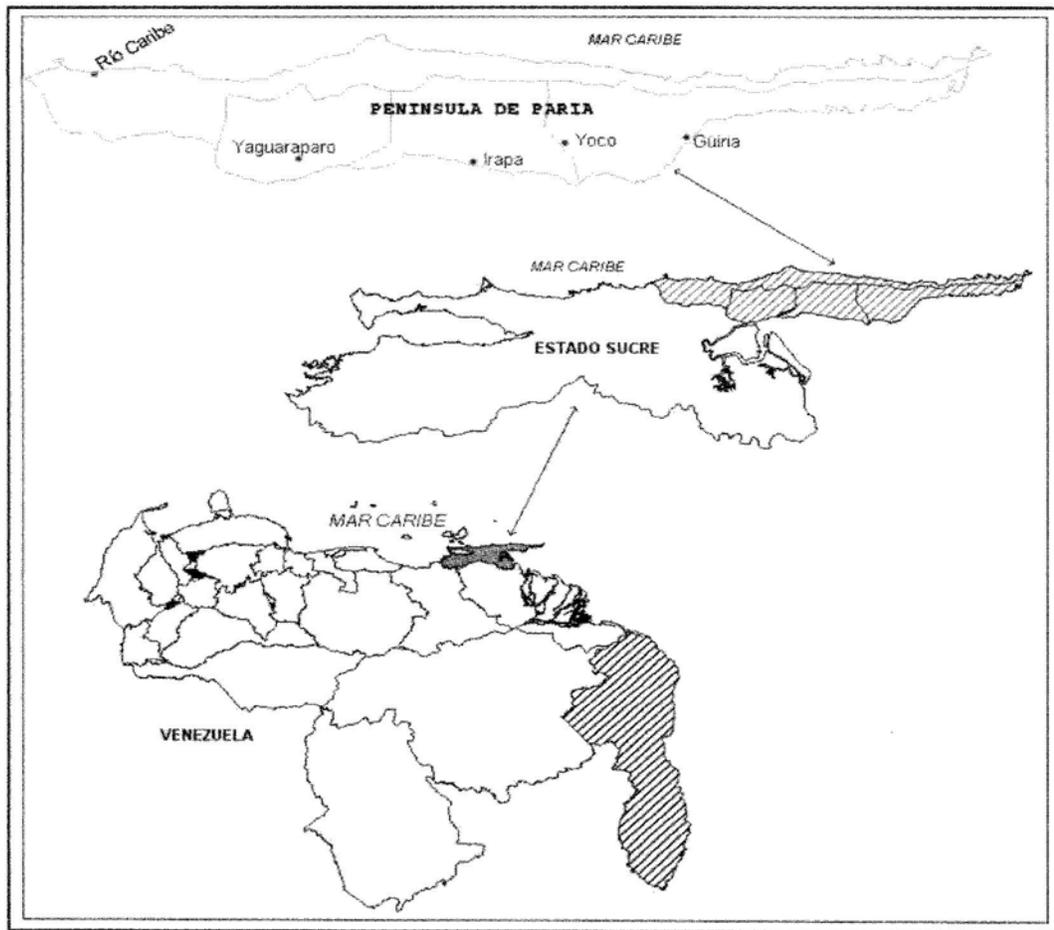


Figura 1. Ubicación geográfica del estado Sucre y Península de Paria

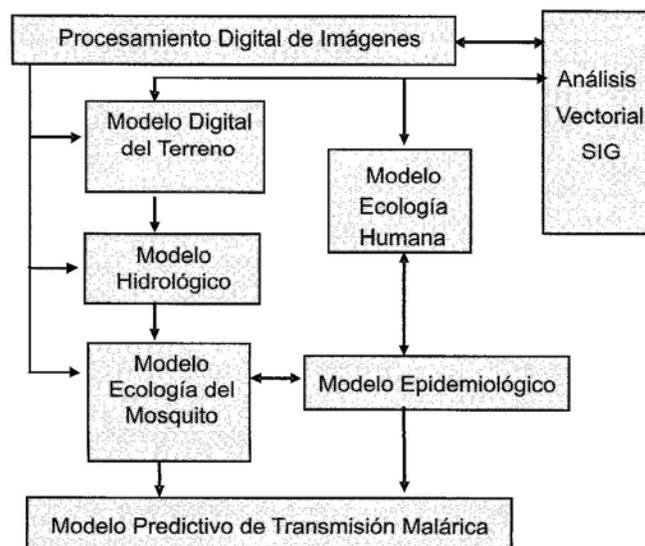


Figura 2. Modelo modificado de Wood y col. (1989).

Modelo Espacial de la Incidencia de la Malaria (MEIM)

El modelo espacial de la incidencia malárica se generó a partir de superficies sobre la base del número de casos de malaria. Se hizo para cada año estudiado, y se realizó con el software PCMS (Zmap), versión 2.1.1, desarrollado por Zyper (Delgado y col., 2001).

Dinámica de la Incidencia Malárica (DIM)

La generación del Modelo de Incidencia de la malaria para cada año de los estudiados nos permitió conocer la dinámica de la enfermedad (Delgado y col., 2001).

Trabajo de campo

Tal como lo reportan Delgado y col. (2004), se hicieron varias visitas de campo, particularmente durante el año 1999, cuando se intensificó el trabajo sobre la Península de Paria, dada su importancia desde el punto de vista epidemiológico, ya que es una zona de alta endemicidad.

Procesamiento digital de imágenes

Un archivo de 7 bandas se generó a partir de la importación de la imagen TM5 153 de Landsat de diciembre de 1990 en su formato BLK con el software *Erdas Imagine* 8.6, versión para PC, de la casa Leyca. Se referenció con base en puntos de control del terreno derivados de la cartografía digital y se proyectó sobre el mismo sistema de referencia utilizado para las coberturas vectoriales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se construyó un SIG a partir de la base de datos topográfica de Venezuela a escala 1:500.000 proveniente del Ministerio de la Defensa Ruso en 1996 (sin actualizar desde 1993). Esta base topográfica resultó ser más actual que los mapas oficiales del Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional de Venezuela (la mayoría anteriores a la década del 70) con una gran precisión de datos espaciales y una extensa base de datos atributales de los elementos espaciales y

cartográficos (Delgado y col., 2001). Se generaron las siguientes coberturas vectoriales: hidrografía, vialidad, centros poblados, casos de malaria representados por las superficies de riesgo generadas, curvas de nivel, y otras. A partir de estas superficies se generaron las curvas representativas del número de casos para cada año estudiado, lo que nos permitió observar la expresión espacial de la incidencia de la malaria para todo el estado Sucre. Se pudo observar que en algunas zonas hay mayor intensidad de la incidencia malárica, es decir que hay una expresión diferenciada de la enfermedad.

La Fig. 3, nos muestra el modelo espacial de incidencia malárica para el año 1990. Se puede apreciar que las zonas con mayor intensidad malárica son hacia el oeste del estado, en la zona de Santa Fe. Ya en 1998 Barrera y col. (1998) ponen en evidencia esta zona, dada su alta tasa de incidencia malárica, y hacia el este la Península de Paria, siendo esta última área de particular importancia por la persistencia de la malaria. Delgado y col. (2003a; 2003b; 2003c; 2004) vienen trabajando sobre las variables ambientales que han condicionado a la enfermedad en esa zona. En la misma figura, cuando a través del análisis espacial consideramos los casos y su relación con las curvas de nivel, encontramos que la altura es una variable "umbral" importante, ya que por encima de los 600 msnm (zonas en tonos claros), no hay casos expresados.

El análisis espacial permite observar que la mayoría de las zonas con marcada intensidad (focos) están asociadas con zonas bajas y bastantes planas, lo que nos permitió inferir que las poblaciones que están cercanas a estas zonas están en más alto riesgo que otras.

La Fig. 4 nos muestra el modelo espacial de incidencia malárica para el año 1997. Allí podemos no solo observar la expresión de la incidencia para ese año, sino también comparar los modelos espaciales de los años 1990 y 1997 (Figs. 3 y 4), pudiendo así hablar de la dinámica de la enfermedad.

Es evidente la intensidad de la incidencia de la malaria en zona de la Península de Paria y la desaparición del foco de Santa Fe. Así mismo, este modelo espacial nos muestra la aparición de un nuevo foco de malaria en la zona de Cariaco y de

los alrededores de la laguna de Campoma y una intensificación en la población de Ajíes. Es importante resaltar que para el año 1997 comienza el proceso de descentralización de los servicios de salud. El seguimiento de ese proceso pudiese hacerse también a través de la dinámica de la incidencia malárica con una serie temática donde se expresara el modelo espacial para cada año en un período de tiempo, y se pudiera interpretar su variabilidad en el tiempo, de manera que se pudiese indicar ya sea una nueva tendencia al incremento o el inicio de un nuevo ciclo de la malaria en el estado (Delgado y col., 2001). En la Fig. 5, se muestra el modelo espacial de incidencia malárica para el año 1998. Obsérvese que la expresión espacial muestra el mantenimiento de la incidencia en la zona de la Península de Paria. Se puede apreciar que la parte noroccidental del estado se ha mantenido en bajos niveles la incidencia de la malaria (hacia la zona de Santa Fe), y que hay un brote nuevo hacia el sur del Estado en su límite con Monagas. Es decir que a la dinámica de este sistema se le puede hacer un seguimiento y apreciar si el proceso de descentralización ha tenido un efecto provocando cambios en el modelo espacial de la endemia rural.

Esto demuestra que los Sistemas de Información Geográfica (SIG), como herramienta integradora de

información, y las tecnologías geoespaciales, hacen posible la implementación de un seguimiento permanente o una vigilancia de la endemia que permitiría un mejor control y diseño de medidas preventivas, con las que se lograrían controles más eficaces. Así se hace actualmente en otros lugares del mundo (Wood y col., 1992; Kitron y col., 1994; 1998; Thompson y col., 1997)

Con respecto al trabajo realizado en escala 1:100.000, se generó una serie de cobertura vectoriales, así como el Modelo Digital de Terreno (MDT). En la Fig. 6 se muestra el MDT obtenido, y a través de una técnica de sobreposición entre el MDT y el modelo espacial de la incidencia malárica para el año 1990 puede apreciarse una relación importante entre los focos de malaria y dos elementos del paisaje importantes: altura y pendiente. Por ello hay mayor intensidad malárica en las zonas bajas y de poca pendiente y éstas se caracterizan e identifican como variables umbrales, tal como lo reportan Delgado y col. (2000; 2002; 2003b; 2004).

En la Fig. 7 se encuentra un producto de integración entre coberturas vectoriales, límites político territoriales, el modelo espacial para el año 1990 y la imagen de satélite Landsat TM5 153 de Diciembre del año 1990 con la combinación de bandas 4, 5, 3.

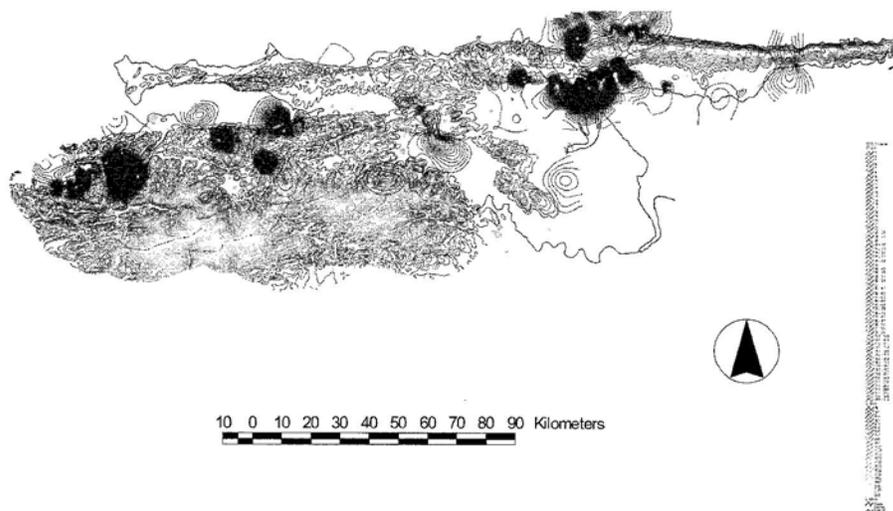


Figura 3. Modelo Espacial de Incidencia Malárica para el año 1990. El área intensamente sombreada expresa más casos de malaria.

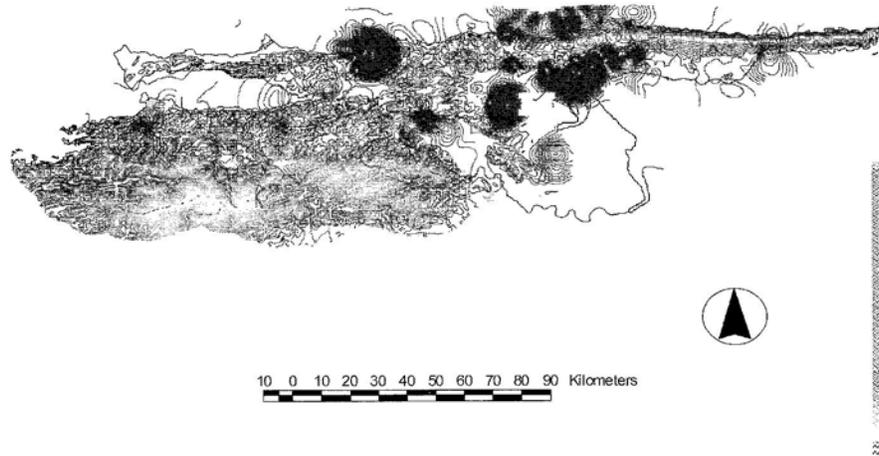


Figura 4. Modelo Espacial de Incidencia Malárica para el año 1997. Área intensamente sombreada expresa más casos de malaria.

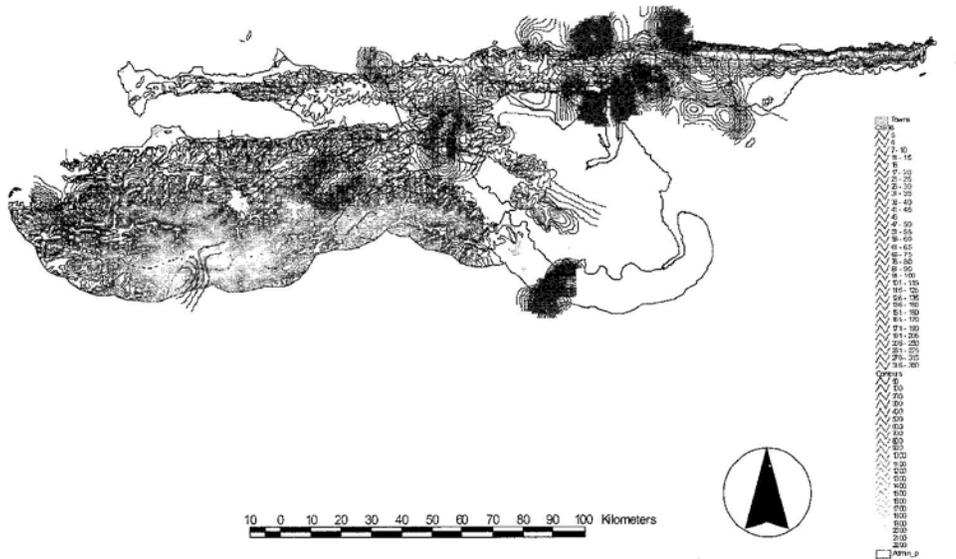


Figura 5. Modelo Espacial de Incidencia Malárica para el año 1998. Área intensamente sombreada expresa más casos de malaria.

Lo que puede observarse en esta figura es la relación entre los focos de malaria (con tonos claros) y unas unidades de paisaje, las cuales en esta combinación de bandas se ven con tonos grises claros y otras con tonos oscuros que son humedales. Estas áreas de humedales han sido reportadas por Delgado y col. (2000; 2002; 2003a; 2003b;

2003c; 2004), como sitios dentro de los cuales se localizan zonas propicias para la oviposición del vector de malaria en la zona *Anopheles aquasalis*.

El conocer las variables altura, pendiente, unidades de vegetación, y otras, se hace necesario tal como lo reportan en la primera fase de su trabajo

en Belice Rejmankova y col. (1995), y Nájera (1999), quienes ponen en evidencia la importancia de la caracterización ambiental para la prevención y control de la malaria. De nuevo se evidencia lo que reportan Delgado y col. (2004), que es la importancia del uso combinado de tecnologías, entre las cuales se incluyen Modelos Digitales de Terreno en 2D y 3D y los productos de los sensores remotos, como poderosas herramientas para lograr el manejo y control de las enfermedades transmitidas por vectores.

Cuando se relacionan los elementos del paisaje considerados como condiciones ecológicas umbrales (baja altitud, poca pendiente) y la representación espacial de la incidencia malárica para los diferentes años considerados (1990, 1997, 1998), se observa una coincidencia entre el modelo, y los datos empíricos en los alrededores de los centros poblados donde se registraron los casos, las zonas de desarrollo poblacional, y los ejes viales que facilitan estos desarrollos. Por esto es que se considera que prácticamente estamos describiendo un corredor epidemiológico sobre el eje El Pilar-Yaguaraparo-Irapa, tal como puede apreciarse en la Fig. 7, por donde se movilizan las poblaciones humanas y las del vector. Esto es consistente con lo reportado por Kitron (1998), ya que él considera los elementos del paisaje como determinantes en la distribución de la malaria en el trópico.

Cuando se trabaja con imágenes de satélites, la verificación de campo es muy importante. En las realizadas en esta zona de Paria, pudimos confirmar la presencia de extensos humedales manejados y naturales, los cuales fueron identificados como criaderos positivos de *Anopheles aquasalis*. Esta identificación, tal como lo reportan Kitron y Spielman (1989), es vital para el posterior control del criadero.

Este enfoque sistémico que nos da la ecología del Paisaje junto con las nuevas tecnologías nos abre, tal y como lo reportan Delgado y col. (2004), una nueva perspectiva de manejo epidemiológico.

CONCLUSIONES

1) Los Modelos Espaciales de Incidencia Malárica para los años estudiados (1990, 1997 y 1998) permiten localizar los focos o zonas de mayor intensidad de incidencia de la enfermedad.

2) Los modelos espaciales evidencian una expresión diferencial de la incidencia malárica en el estado Sucre.

3) Hay una relación entre la distribución de los focos maláricos y los elementos del paisaje altura y pendiente.

4) La integración de información geoespacial proveniente de diferentes fuentes en un SIG, constituye una poderosa herramienta para el estudio de los problemas de salud pública, en particular para la malaria, y a su vez permite asistir en la toma de decisiones y en el diseño de políticas en salud pública a los gerentes de programas sanitarios.

5) La ecología de paisaje como enfoque sistémico abre nuevas posibilidades de interpretación y manejos de estos sistemas complejos como son las enfermedades transmitidas por vectores, y nos permite a través de sus elementos definir corredores epidémicos como el del eje vial El Pilar-Yaguaraparo-Irapa.

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) por su financiamiento a la primera etapa del proyecto N° 03-31.3981.97 y al Banco Mundial por el apoyo al proyecto bajo la línea presupuestaria 021-044. Al Br. Manuel Ponce por su contribución en el manejo de la data epidemiológica, al personal de la zona 11 de Malariología (Fundasalud) Carúpano y al de las diferentes demarcaciones sanitarias por su apoyo, de manera especial al Dr. Darío González.

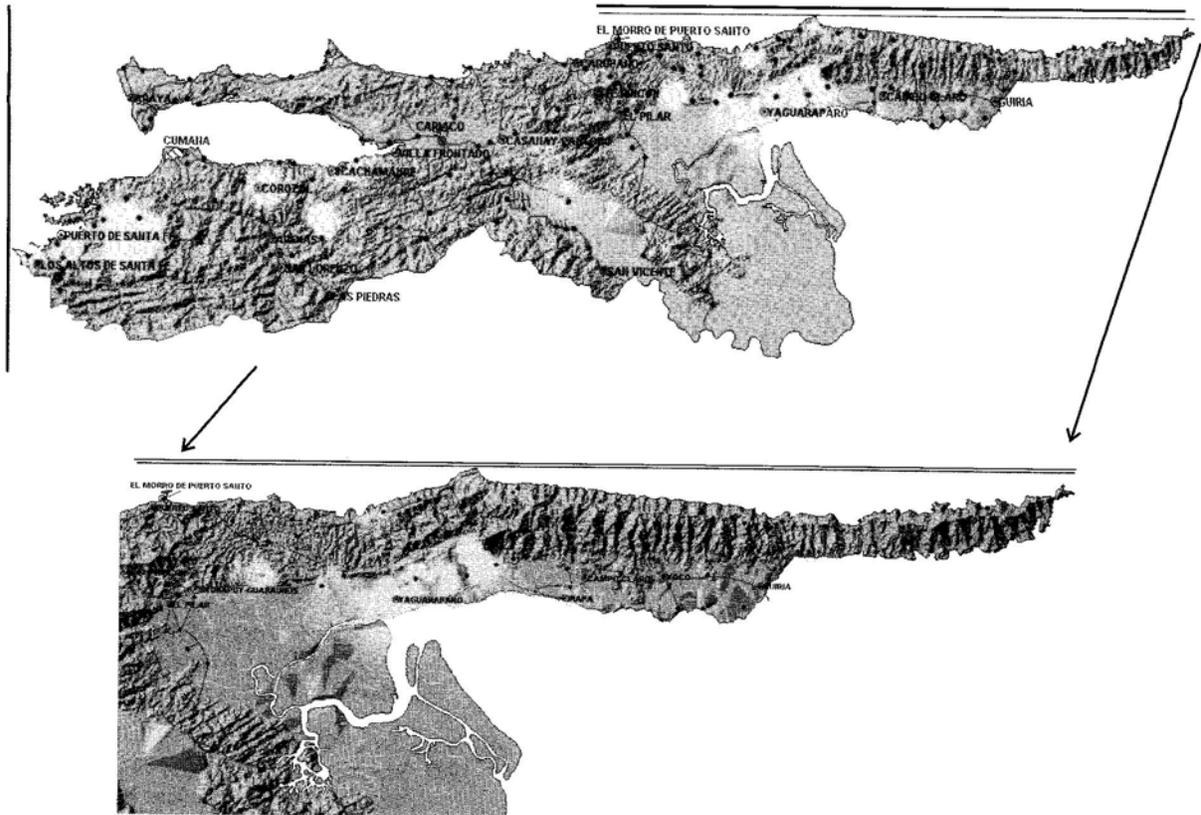


Figura 6. Modelo Digital del Terreno (MDT) y su relación con el Modelo Espacial de Incidencia Malárica para el año 1990.

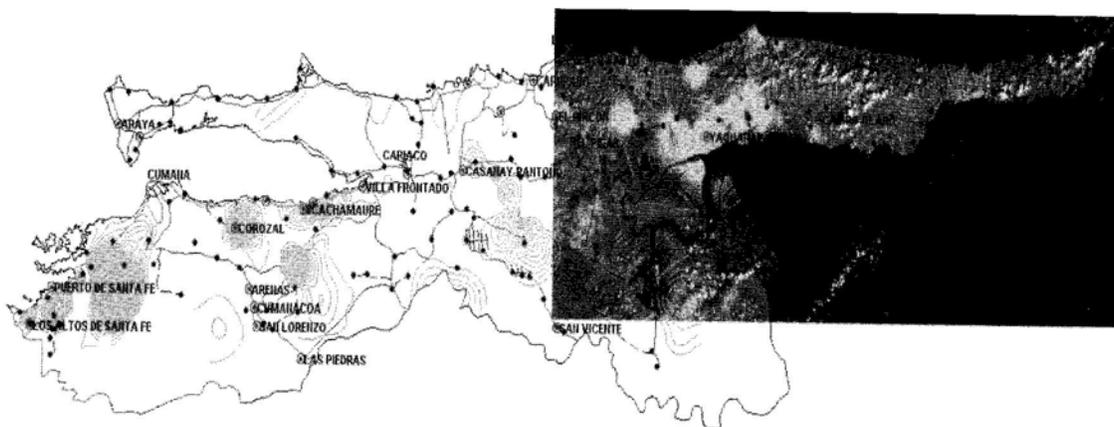


Figura 7. Modelo Espacial de la Incidencia Malárica para el Año 1990 y su relación con El MDT y con la Imagen Landsat TM5 153 de Diciembre del mismo año.

LITERATURA CITADA

- BARRERA, R., M.E. GRILLET, Y. RANGEL, J. BERTI Y A. ACHÉ
1998. Estudio Eco-epidemiológico de la reintroducción de la malaria en el Nororiente de Venezuela, mediante Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos. *Bol. Dir. Malar. y San. Amb.*, 38: 14-30.
- DELGADO L., S. RAMOS Y R. BARRERA
1994. Determinación de las Variables que Condicionan la Malaria en el Estado Sucre: A través de Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos. En: *Memorias de las Jornadas de Informática, Tecnología y Sociedad*. Caracas, U.C.V., pp. 24-37.
- DELGADO, L., S. RAMOS Y E. GORDON
2000a. Modelo digital del terreno y procesamiento de imágenes digitales: herramientas para la detección de variables ambientales relacionadas con la malaria en el Estado Sucre, Venezuela. *IX Simposio Latinoamericano de Percepción Remota, Puerto Iguazú, Misiones, Memorias SELPER*: 848-856.
- DELGADO, L., L. GAMBOA Y N. LEON
2000b. Aspectos Geográficos Relacionados con un Problema de Salud Pública: La Malaria en el Estado Sucre. *Revista Terra (Nueva etapa)*, 16: 80-93.
- DELGADO, L., S. RAMOS, R. RODRÍGUEZ Y L. LIBERAL
2001. Modelo espacial de la probabilidad de riesgo malárico en el Edo. Sucre, Venezuela. *Revista de la Fac. de Ing.*, 16: 15-26
- DELGADO, L., S. RAMOS, E. GORDON, E. ZOPPI, J. BERTI Y E. MONTIEL
2002. Sensores Remotos, Modelos Digitales de Terreno y SIG: Herramientas para el control de la malaria, en el Estado Sucre, Venezuela. *Congreso Internacional de Geodesia y Cartografía Caracas 2002. Memorias en formato digital*.
- DELGADO, L., S. RAMOS, N. MARTINEZ Y P. GARCIA
2002. Ecología de Paisajes, Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica: Nuevas perspectivas para el Manejo de Problemas en Salud Pública, caso particular la malaria en el Estado Sucre, Venezuela. *X Simposio Latinoamericano de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial, Cochabamba, Bolivia. Memorias Selper en formato digital*.
- DELGADO L, S. RAMOS, N. MARTINEZ Y L. GAMBOA
2003a. La Malaria en el Estado Sucre: Caso de estudio sobre la relevancia de los Métodos Geoespaciales en Problemas de Salud Pública. *Acta Científica Estudiantil*, 1: 83-95.
- DELGADO, L, S. RAMOS, N. MARTÍNEZ Y P. GARCÍA
2003b. Ecología de Paisajes, Sensores Remotos y Sistemas De Información Geográfica: Nuevas Perspectivas Para El Manejo De Problemas En Salud Pública, Caso Particular La Malaria en el Estado Sucre, Venezuela. *Acta Científica Estudiantil*, 1: 128-142
- DELGADO, L, S. RAMOS, E. GORDON, E. ZOPPI, J. BERTI Y E. MONTIEL
2003c. Sensores Remotos, Modelos Digitales de Terreno y SIG: Herramientas para el control de la Malaria, en el Estado Sucre, Venezuela. *Acta Cient. Est.*, 1: 143-151.
- DELGADO L., S. RAMOS, E. GORDON, N. MARTÍNEZ, E. ZOPPI, J. BERTI Y E. MONTIEL
2004. Nuevas perspectivas para el Manejo de Problemas de Salud Pública: Caso particular la Malaria. *Revista de la Fac. de Ing.*, 19: 51-61.
- KEATING, J., K. MACINTYRE, C.H. MBOGO, A. GITHEKO, J.L. REGENS, CH. SWALM, B. NDENGA, L.J. STEINBERG, L. KIBE, J.I. GITHURE Y J.C. BEIER
2003. A geography sampling strategy for studying relationships between human activities and malaria vectors in urban areas. *Amer. Jour. Trop. Med. Hyg.*, 68: 357-365.
- KITRON, U.
1998. Landscape Ecology and Epidemiology of Vector-Borne Diseases: Tools for Spatial Analysis. *Journal of Med. Entomol.*, 35:435-445.
- KITRON, U. Y A. SPIELMAN
1989. Supresion of Transmisión of Malaria Through Source Reduction: Antianopheline Measures Applied in Israel, the United State, and Italy. *Rev. of Infect. Dis.*, 2:391-405.
- NÁJERA, J.
1999. Prevention and Control of Malaria Epidemics. *Parassitologia*, 41: 339-347.
- MUSHIZIMINA, E., S. MUNGA, N. MINAKAWA, L. LI, F. CHEN-CHIENG, B. LING, U. KITRON, C. SCHMIDT, L. BECK, G. ZHOU, A. GITHEKO Y G. YAN
2006. Landscape Determinants and Remote Sensing of Anopheline Mosquito Larval Habitats in the Western Kenya Highlands. *Malaria Journal*. (En prensa).
- REJMANKOVA, E., D. ROBERTS, A. PAWLEY, S. MANGUIN & J. POLANCO
1995. Predictions of Adult *Anopheles albimanus* Densities in Villages Based on Distances to Remotely Sensed Larval Habitats. *Amer. Journ. Trop. Med. and Hyg.*, 53:482-488.
- THOMPSON, R., K. BEGTRUP, N. CUAMBA, M. DGEDGE, C. MENDIS, A. GAMAGE-MENDIS, S.N. ENOSSE, J. BARRETO, R.E. SINDEN Y B. HOGH
1997. The Matola malaria project; a temporal and spatial study of malaria transmission and diseases in a suburban area of Maputo, Mozambique. *Amer. Jour. of Trop. Med. and Hyg.*, 57:550-559
- WOOD B. L., K. O. POPE Y M. RODRÍGUEZ
1989. Characterization and monitoring of disease vector habitats in Chiapas, México. *III Simposio Latinoamericano sobre Sensores Remotos, Memoria Selper (Universidad Nacional Autónoma de México, México)*.