

Descripción de un Brote Epidémico de Malaria de Altura en un área originalmente sin Malaria del Estado Trujillo, Venezuela

Jesús A. Benítez¹, Alfonso Rodríguez², Mayira Sojo¹, Hugo Lobo³,
Carlos Villegas³, Leonardo Oviedo³ & Eric Brown².

Se describe un brote epidémico de malaria de altura en la parroquia Guaramacal del estado Trujillo, Venezuela, área clasificada históricamente como originalmente sin malaria, cuya altitud alcanza hasta los 2.200 m snm, donde en Noviembre de 1999 se detectaron nueve casos de malaria, dos clasificados como casos introducidos y siete importados, encontrándose implicados cuatro especies del género *Anopheles* del subgénero *Kerteszia*, identificados como *Anopheles homunculus* (n=27, 65,9%), *Anopheles lepidotus* (n=9, 21,9%), *Anopheles neivai* (n=3, 7,3%) y *Anopheles pholidotus* (n=2, 4,9%), de los cuales no existía evidencia anterior de su presencia en el área de transmisión ni en la entidad federal. El criadero más importante estuvo representado por bromeliáceas epifitas (*Tillandsia* spp). La presencia de casos introducidos fue ocasionada por las frecuentes migraciones de habitantes de La Laguneta, La Fernandera y Agua Fría, de la parroquia Guaramacal a la comunidad de San Juan de Dios del estado Portuguesa para el cultivo de maíz y yuca, existiendo para la época un brote epidémico de malaria en esa zona.

Palabras clave: Malaria de altura, *Plasmodium vivax*, *Anopheles homunculus*, *Anopheles lepidotus*, *Anopheles neivai*, *Anopheles pholidotus*, bromeliáceas.

INTRODUCCIÓN

La transmisión de la malaria aún ocurre en 21 países de América donde se estima que aproximadamente 203 millones de personas viven en áreas con riesgo de transmisión. En los países donde ya no se reporta la transmisión de la enfermedad, se estima que aproximadamente 90 millones de personas viven en áreas donde históricamente se reportaba transmisión y existe riesgo extremadamente bajo de transmisión. Este total de 293 millones de personas significa que aproximadamente un 35% de los 835

millones de habitantes en la Región viven en áreas con algún grado de posibilidad de transmisión de la enfermedad. Esto concuerda con la información de la década pasada cuando se reportaba que un promedio de 36% de la población de América vivía en áreas con algún riesgo de la malaria (OPS/OMS, 2002).

De los aproximadamente 203 millones que viven en 21 países donde existe transmisión, 56% vive en áreas de bajo riesgo, 24% en áreas de moderado riesgo y 20% en áreas de alto riesgo de contraer la enfermedad. En los países donde no hay transmisión, 17 de 23 territorios reportaron la detección de 1.069 casos importados de malaria en el año 2001, la mayoría en Canadá y los Estados Unidos (OPS/OMS, 2002).

La malaria es una enfermedad cuya transmisión ocurre primariamente en regiones tropicales y subtropicales de África subsahariana, Centro y Sur América, parte del Caribe, el Oriente Medio, el subcontinente Indio, el sudeste Asiático y Oceanía. En áreas donde ocurre la malaria, sin embargo, hay una

¹ Coordinación de Vigilancia Epidemiológica Sanitario Ambiental, Dirección General de Salud Ambiental y Contraloría Sanitaria, Ministerio de Salud y Desarrollo Social - Maracay, Estado Aragua - Venezuela
e-mail: benitezbja@yahoo.es

² Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario Rafael Rangel, Centro de Investigaciones "J.W. Torrealba" Estado Trujillo, Venezuela.

³ Dirección Regional de Salud Ambiental y Contraloría Sanitaria - Estado Trujillo, Venezuela

considerable variación en la intensidad de la transmisión y el riesgo de la infección malárica. Las áreas de altura (>1500 m) y de tipo árida (<1000 mm lluvia/año) tienen típicamente menos malaria, aunque éstas son propensas a brotes epidémicos cuando individuos parasitéticos proveen una fuente de infección y se dan condiciones climáticas favorables para el desarrollo del vector (Bloland, 2001, OMS, 1996).

Desde los años 1980's y principios de los 1990's se describen una serie de brotes epidémicos de malaria reportados en varios países de África que provenían de zonas de altura (Hay *et al*, 2002a y Hay *et al*, 2002b). A partir de esto, algunos autores han designado a estas resurgencias como una nueva variante tipológica de la enfermedad, llamada "malaria de altura" ("highland malaria"), demandando una especial atención en el nuevo compromiso de la estrategia de "Hacer Retroceder a la Malaria" ("Roll Back Malaria") (Nabarro & Tayler, 1998, OMS, 2001). Un punto de vista bastante aceptado ha sido que la transmisión de la malaria en comunidades de altura está limitada por las bajas temperaturas ambientales. Pequeños cambios pueden, por ende, proveer condiciones transitorias apropiadas para la transmisión inestable en poblaciones que han adquirido una discreta inmunidad funcional (Garnham, 1945, Lindsay & Martens, 1998).

En Venezuela, la transmisión malárica se localiza en tres focos: el Foco Meridional conformado por los estados Bolívar y Amazonas, el Foco Oriental representado por los estados Sucre, Delta Amacuro y Monagas y el Foco Occidental localizado en los estados Barinas, Portuguesa, Táchira, Mérida y Apure. Estos focos ocasionaron 21.910 casos de malaria en 1999 y constituyen la fuente de infección y diseminación de la malaria hacia las áreas vulnerables y receptoras de las demás entidades federales del país (MSDS, 1999).

El Estado Trujillo desde el punto de vista epidemiológico presenta dos grandes zonas maláricas; Una ubicada al noroeste del estado clasificada en fase de mantenimiento, conformada por doce municipios, de los cuales seis constituyen el área vulnerable y receptiva, y otra zona originalmente sin malaria conformada por ocho municipios localizada al sureste del estado donde se ubica la zona montañosa de esta entidad federal (Parroquia Guaramacal) (Fig. 1). Los casos reportados por el estado Trujillo en su mayoría, son clasificados como importados de otro estado, excepto cuando se presentan brotes epidémicos en el área vulnerable y receptiva (municipios Miranda, La

Ceiba, Andrés Bello, Bolívar y Monte Carmelo) que pueden generar casos introducidos, como el brote epidémico ocurrido en 1998 en el municipio Monte Carmelo al suroeste del estado (MSDS, 2000).

En este trabajo por primera vez se describen los aspectos clínicos, epidemiológicos, y entomológicos relacionados con un brote epidémico de malaria de altura debida a *Plasmodium vivax*, en un área clasificada como originalmente sin malaria en la Parroquia Guaramacal, Municipio Boconó del Estado Trujillo, entre Noviembre 1999 y Enero 2000.

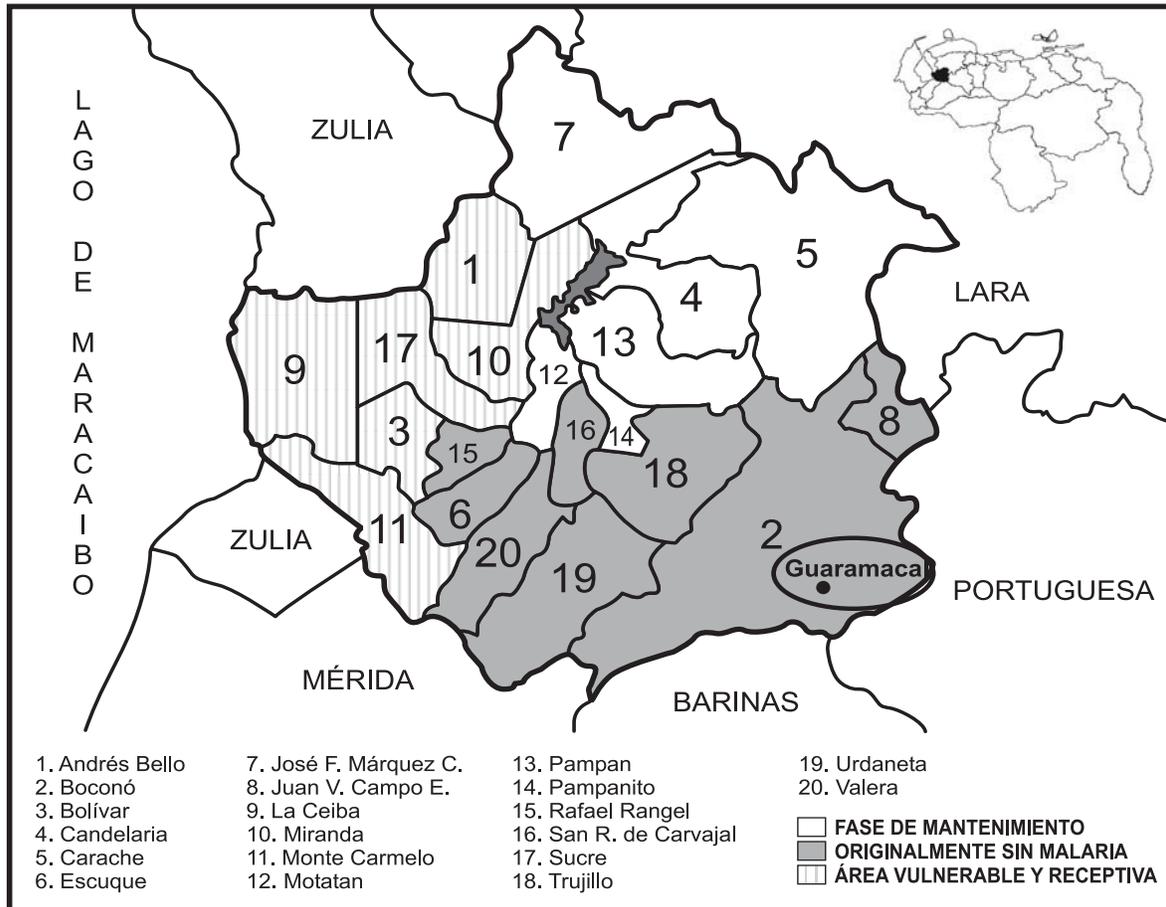
MATERIALES Y MÉTODOS

El 04 de Noviembre de 1999 el Servicio de Endemias Rurales del Estado Trujillo es informado sobre la presencia de un paciente febril sospechoso de malaria, internado en el Hospital Central del Municipio Bocono. Este paciente era procedente de la comunidad La Laguneta (900 msnm), Municipio Bocono. El examen de gota gruesa y extendido resultó positivo a *Plasmodium vivax* y el interrogatorio del paciente reveló que este no había salido de la zona en los últimos tres meses, y había estado residenciado en la misma durante varios años.

A partir de este hallazgo, se planificó un estudio epidemiológico en el Municipio Boconó del estado Trujillo, el cual incluye la Parroquia Guaramacal (09° 11' 30" N, 70° 7' 0" W) (área que en su mayor altura alcanza los 2200 msnm) en el cual se encuentra 15,2% de la población del municipio Bocono estimada en 86.640 habitantes (Caveguías, Trujillo 2001). La agricultura es la principal actividad económica en esta área. Debido a la existencia de dos épocas de lluvia (de Abril a Junio y de Agosto a Diciembre), con precipitaciones que alcanzan un promedio de 936 mm al año (Caveguías, 2001), se producen dos grandes cosechas anuales de ajo, piña, maíz y caraotas, entre otros rubros.

Con el apoyo del equipo de salud local, se llevó a cabo una investigación epidemiológica mediante búsqueda pasiva y activa de casos a través de la toma masiva de laminas en las siguientes localidades: La Laguneta (900 msnm), Agua Fría (1550 msnm), La Fernandera (1600 msnm) y Agua Linda. A cada persona se le tomó una muestra hemática, realizándose una gota gruesa y un extendido. Las láminas fueron teñidas con Giemsa y examinadas con el objetivo de inmersión de 100x.

Fig. 1. Áreas epidemiológicas de la malaria en el Estado Trujillo, Venezuela, año 2000 y situación relativa del área de estudio.



Fuente: Archivos del Programa de Control de la Malaria. DSAYCS del Estado Trujillo. Año 2000.

En estas localidades se llevó a cabo también un estudio entomológico, para lo cual se colocó una estación de captura de anofelinos adultos en La Laguneta, en la vivienda del 1er paciente diagnosticado positivo a *Plasmodium vivax*. Para estudio de endofilia y endofagia se utilizaron aspiradores para recolección de especímenes a nivel intradomiciliario, reposando y picando sobre cebo humano entre las 18:00 y las 23:00 hs.

Adicionalmente, en las tres localidades en estudio se exploraron criaderos potenciales con el fin de determinar la presencia del vector en sus fases inmaduras tomando como referencia la metodología empleada en trabajo de campo realizado por Pulido & Ugueto en 1984 en el estado Mérida (MSAS, 1984) que consiste en la búsqueda de vectores en bromeliáceas (*Tillandsia* spp.), desprendiéndolas cuidadosamente de los árboles, realizando un corte

por encima del agua depositada, la cual fue recolectada en recipientes plásticos de 45 y 80 cm de diámetro, para luego filtrar el agua y depositarla en envases plásticos de 200 cc. El material entomológico se separó en viales haciendo la identificación de las larvas, las cuales fueron criadas hasta la etapa adulta para confirmación de la especie.

RESULTADOS

Sobre una población de 2.200 habitantes de la Parroquia, se obtuvieron y examinaron 684 laminas por búsqueda pasiva activada y 85 por búsqueda activa, para totalizar 769 (35% de la población) laminas con gota gruesa y extendido, de las cuales 7 resultaron positivas a *Plasmodium vivax*. La investigación de los casos permitió su clasificación como importados de otro estado (n=5) e introducidos (n=2) (Tabla I). Otros dos residentes del área resultaron positivos a la misma

Tabla I. Caracterización epidemiológica de los casos de Malaria en la Parroquia Guaramacal, Municipio Boconó, Trujillo. 1999-2000.

Caso	Edad (años)	Género	Residencia**	Clasificación Epidemiológica	Fecha de Inicio de los Síntomas	Fecha de Diagnóstico
1	31	M	Agua Linda	Importado	22/09/99	07/10/99
2	31	F	La Laguneta	Introducido	18/10/99	05/11/99
3	24	M	Agua Fría	Importado	25/09/99	11/11/99
4	22	M	Agua Fría	Importado	27/09/99	11/11/99
5	50	M	Agua Fría	Importado	25/10/99	12/11/99
6	50	F	Agua Fría	Introducido	05/11/99	23/11/99
7	39	M	Agua Fría	Importado	09/11/99	18/11/99
8	35	M	Agua Fría	Importado	23/11/99	07/01/00
9	35	M	Agua Fría	Importado	25/09/99	11/11/09

especie parasitaria, al ser examinados en el Estado vecino Portuguesa, siendo clasificados como importados. Los dos casos introducidos correspondieron a personas del sexo femenino, de ocupación oficios del hogar, de 31 y 50 años de edad, quienes no presentaban salidas de su localidad de residencia en los últimos seis meses. Los casos clasificados como importados pertenecían en un 85,7% al sexo masculino en el grupo de edad económicamente activo, quienes residían en el área de estudio y se trasladaban a ciclo semanal a la comunidad San Juan de Dios del Estado Portuguesa, para cultivar yuca, maíz y caraotas.

Con referencia a todos los casos que representaban la morbilidad malárica del área (n=9), el tiempo promedio entre el inicio de los síntomas y la toma de las muestras hemáticas fue de 25,66 días, 25,83 entre el inicio de síntomas y el diagnóstico y 0,16 días entre el tiempo de toma de muestras y el diagnóstico e inicio del tratamiento. Los tiempos correspondientes para los casos introducidos fueron, respectivamente: 17,5 días, 18 días y 0,5 días (inicio de tratamiento).

Esta investigación epidemiológica de casos confirmados de malaria en una área clasificada originalmente sin malaria, condujo a la identificación de un foco malárico en las localidades La Laguneta, La Fernandera y Agua Fría de la Parroquia Vega de Guaramacal del Estado Trujillo (Fig. 2).

En la captura de anofelinos adultos realizada en La Laguneta, se colectaron 51 hembras del subgenero

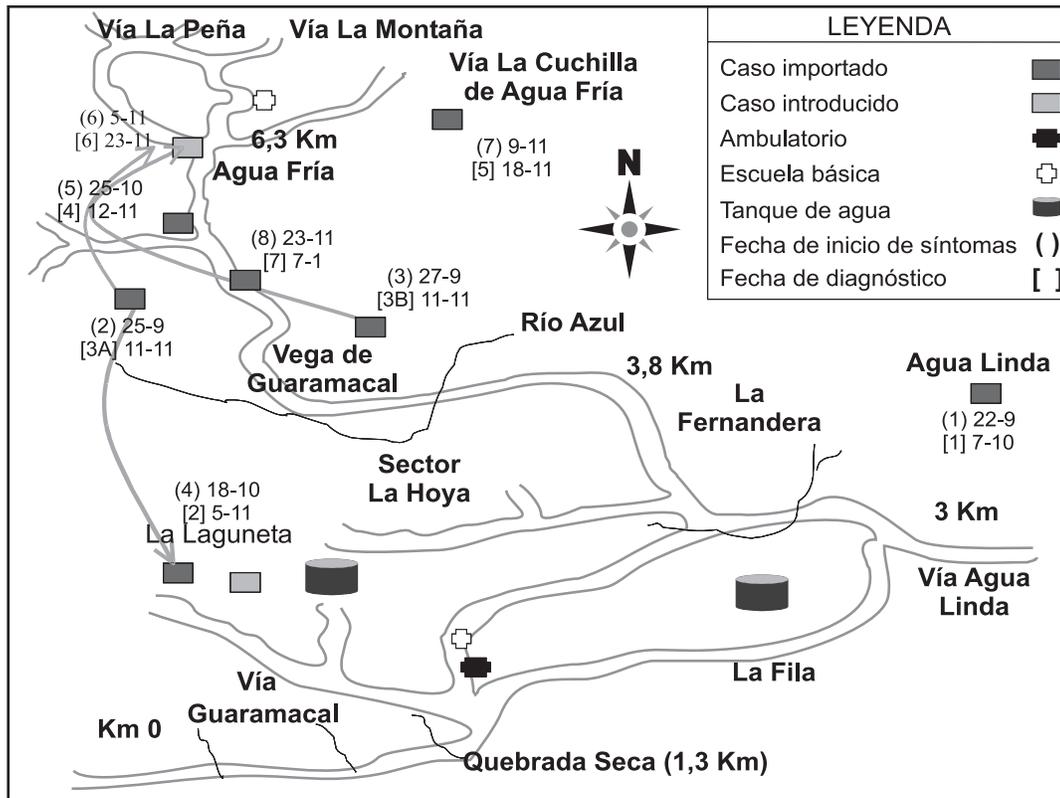
Kerteszia, de las cuales 41 fueron identificadas como: *Anopheles homunculus* (n=27; 65,9%), *Anopheles lepidotus* (n=9; 21,9%), *Anopheles neivai* (n=3; 7,3%), y *Anopheles pholidotus* (n=2; 4,9%). El 80,4% (n=41) se capturó reposando dentro de las casas y el resto picando al cebo humano. La mayor densidad se registró entre las 19:00 y 20:00 horas. Los únicos criaderos identificados para anofelinos fueron las bromeliáceas, debido a que la pendiente natural no permitía la formación de depósitos de agua en el terreno. En 29 bromeliáceas examinadas en las localidades seleccionadas, se colectaron 92 larvas correspondientes a los cuatro instares: 25 larvas en ocho bromeliáceas epifitas en la comunidad La Laguneta y 67 larvas en 21 bromeliáceas epifitas en la comunidad Agua Fría.

DISCUSIÓN

La malaria de altura es un fenómeno de relativa reciente descripción, principalmente estudiado en el hemisferio oriental (Matola *et al*, 1987, Loevinsohn, 1994, Kilian *et al*, 1999, Lindblade, 2000, Lindsay & Martens, 1998). La altitud y el clima influyen la epidemiología de la malaria en áreas de altura debido al lento desarrollo del parásito dentro de los vectores anofelinos a bajas temperaturas (Garnham, 1945, Shanks *et al*, 2002).

En el hemisferio occidental la malaria de altura se ha referido a zonas de la región de Los Andes a más de 1,000 m snm, con pluviometría entre 800 y 2000 mm, con *An. pseudopunctipennis* como principal vector (Rubio-Palis & Zimmermann, 1997). Sin embargo, estos

Fig. 2. Croquis de la zona investigada en la Parroquia Guaramacal, Municipio Bocono, Estado Trujillo. (Nov. 1999 - Ene. 2000)



mismos autores hablan de situaciones particulares por encima de los 1000 mts en Ecuador (Levi Castillo, 1945) y Colombia (Quiñones *et al*, 1984) donde *An. lepidotus* ha sido incriminado como vector, y en Venezuela (Barinas) con *An. neivai* (Rubio-Palis, 1991). Estas especies son referidas también por otros autores como asociadas a malaria vinculada con el desarrollo de vectores en bromeliáceas (Olano *et al*, 1997, Juminer *et al*, 1981). Por otra parte, es importante señalar que la especie más frecuente en las colectas realizadas, *An. homunculus*, es un importante vector de malaria en la “Mata Atlántica” de Brasil (Forattini, 1962) que se encuentra a altitudes superiores a los 2000 msnm y es clasificada por Rubio-Palis & Zimmerman (1997) como malaria costera.

En el foco estudiado se encontraron estos tres vectores en una área originalmente si malaria y donde se produjeron casos introducidos a raíz de la importación de semilla malárica procedente de un foco de malaria re-emergente.

En efecto, todos los casos estaban representados por personas residentes del área de

estudio cuyo lugar de trabajo se ubicaba en la localidad de San Juan de Dios, del estado Portuguesa, área que corresponde al foco de malaria occidental, viajando al inicio de la semana para llegar al trabajo, pernoctar el resto de la semana en el área de ocupación y retornar al lugar de residencia a ciclo quincenal o los fines de semana. La actividad económica representa así un factor potencial de contribución a la transmisión de la malaria en una población local vulnerable, dada su ausencia de antecedentes de infección malárica y, por ende, baja inmunidad. Es así como las características topográficas y las condiciones de tenencia de la tierra condicionan o favorecen la transmisión de la malaria en esta zona.

Esta situación guarda cierta correspondencia con la descrita en malaria de altura del hemisferio oriental donde la incidencia incrementada de la malaria en áreas de transmisión inestable ha sido también atribuida a migración de la población (Van der Stuyt, *et al*, 1993, Bashford & Richens, 1992) y fallas en la provisión de los servicios de salud (Pitt *et al*, 1998), situación que se ha venido produciendo en el país desde hace ya bastante tiempo, especialmente en la vigilancia epidemiológica. Este brote en un área

originalmente no malárica refleja la necesidad en el fortalecimiento de los esquemas de atención en salud, para garantizar a la población la provisión de una vigilancia preventiva efectiva. Por lo pronto, las medidas de control aplicadas fueron las siguientes: a) Cura radical de parasitados, b) Tratamiento presuntivo y toma de láminas a colaterales, c) Dotación de mosquiteros a parasitados y colaterales, d) Capacitación de médicos y enfermeras, e) Toma masiva de láminas, f) Nebulización espacial total y focal 3 días consecutivos por 3 semanas, g) Visita al área en dos o más oportunidades al mes, h) Instalación de un Puesto de Notificación de Malaria en el centro de salud local, i) Instalación de un sistema de vigilancia no convencional conformado por las autoridades sanitarias, los alumnos y los maestros locales con lo cual se logró la interrupción de la transmisión malárica en la zona.

A futuro se recomienda realizar en el área y en zonas con características ecológicas similares cercanas a focos de malaria activos, una vigilancia epidemiológica permanente dirigida a la prevención de la transmisión de esta patología, que incluya la toma de muestra hemática a todo paciente febril proveniente de áreas de transmisión activa, entrenamiento del personal médico y de enfermería en el diagnóstico y tratamiento oportuno de los casos, mantener intercambio de información constante con los organismo de control de la malaria vecinos a estas áreas y participar en planes de acción dirigidos al control de la malaria, incorporando la promoción de la salud con énfasis en la participación comunitaria e intersectorialidad. De esta forma se pudiera prevenir efectivamente la aparición de malaria de altura en Venezuela.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. M. Dora Feliciangeli de Piñero por asesoría prestada en la organización y publicación de este artículo.

REPORT OF AN EPIDEMIC OUTBREAK OF HIGHLAND MALARIA IN A NON-ENDEMIC MALARIA AREA OF TRUJILLO STATE, VENEZUELA.

SUMMARY

In this study we describe an epidemic outbreak of highland malaria in the Parish of Guaramacal, Trujillo state, Venezuela, an area historically classified as without malaria, with altitudes up to 2200 masl. In

November 1999, nine cases of malaria were reported from this area: two of these were classified as introduced and seven as imported, We collected four species of mosquitoes of the genus *Anopheles*, subgenus *Kerteszia*, probably implicated in this outbreak; which were identified as *Anopheles homunculus* (n=27; 65.9%), *Anopheles lepidotus* (n=9; 21.9%), *Anopheles neivai* (n=3; 7.3%) and *Anopheles pholidotus* (n=2; 4.9%). These mosquitoes have not been previously reported as vectors of malaria in Venezuela, or from Trujillo State. The most important breeding sites were the epiphytic bromeliads (*Tillandsia* spp). The presence of introduced cases was probably brought about by frequent migrations of people to and from La Laguneta, La Fernandera and Agua Fria in Guaramacal Parish, and the village of San Juan de Dios in Portuguesa state, to work in culturing corn and yucca during an epidemic outbreak of malaria in that region.

Key words: Highland malaria, *Plasmodium vivax*, *Anopheles homunculus*, *Anopheles lepidotus*, *Anopheles neivai*, *Anopheles pholidotus*, bromeliads.

REFERENCIAS

- Bashford, G. & Richens, J. (1992). Travel to the coast by highlanders and its implications for malaria control. Papua New Guinea Med. J. **35**: 306-307.
- Boland P.B. (2001). Disease incidence and trends. En: Boland PB.. Drug resistance in malaria. WHO/CDS/CSR/DRS/2001. **4**: 2-11.
- Caveguías Trujillo. (2001). Guía Turística de Venezuela ® (Página Web). URL: <http://www.laguia.com.ve>. Acceso: 10 Marzo 2003.
- Forattini, O.P. (1962). Entomología Médica. I. Parte General, Diptera, Anophelini. Faculdade de Higiene e Saúde Pública, São Paulo.
- Garnham, P.C.C. (1945). Malaria epidemics at exceptionally high altitudes in Kenya. Br. Med. J. **11**: 45-47.
- Hay, S.I., Cox, J., Rogers, D.J., Randolph, S.E., Stern, D.I., Shanks, G.D., *et al.* (2002a). Climate change and the resurgence of malaria in the East African highlands. Nature. **415**: 905-909.
- Hay, S.I., Noor, A.M., Simba, M., Busolo, M., Guyatt,

- H.L., Ochola, S.A. & Snow, R.W. (2002b) Clinical epidemiology of malaria in the highlands of western Kenya. *Emerg. Infect. Dis.* **8**: 543-548.
- Juminer, B., Robin, Y., Pajot, F.X. & Eutrope R. (1981). Malaria pattern in French Guyana. *Med Trop (Mars)*; **41**:135-146.
- Kilian, A.H.D., Langi, P., Talisuna, A. & Kabagambe, G. (1999). Rainfall pattern. El Niño and malaria in Uganda. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* **93**: 22-23.
- Levi Castillo, R. (1945). Los anofelinos de la república del Ecuador. Artes Gráficas Senefelder, Guayaquil.
- Lindblade, K.A., Walker, E.D., Onapa, A.W., Katungu, J. & Wilson, M.L. (2000). Land use change alters malaria transmission parameters by modifying temperature in a highland area of Uganda. *Trop. Med. Int. Health.* **5**: 263 - 274.
- Lindsay, S.W. & Martens, W.J.M.(1998). Malaria in the African highlands: past, present and future. *Bull. World Health Org.* **76**: 33-45.
- Loevinsohn, M.E. (1994). Climatic warming and increased malaria incidence in Rwanda. *Lancet.* **343**: 714-718.
- Matola, Y.G., White, G.B. & Magayuka, S.A. (1987). The changed pattern of malaria endemicity and transmission at Amani in the eastern Usambara Mountains, north-eastern Tanzania. *J. Trop. Med. Hyg.* **90**:127-134.
- Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (1984). Programa Control de la Malaria. Informes Técnicos. Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental. Maracay, Estado Aragua, Venezuela.
- Ministerio de Salud y Desarrollo Social (1999). Archivos del Programa de Control de la Malaria, de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental del Estado Trujillo.
- Ministerio de Salud y Desarrollo Social (2000). Archivos del Programa de Control de la Malaria, de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental. Estado Aragua, Venezuela.
- Nabarro, D.N. & Tayler EM. (1998). The Roll Back Malaria campaign. *Science.* **280**: 2067-2068.
- Olano, V., Carrasquilla, G. & Méndez, F. (1997). Transmission of urban malaria in Buenaventura, Colombia: entomological features. *Rev. Panam. Salud Pública.* **1**: 287-294.
- O.M.S. (1996). World malaria situation in 1993, part I. *Weekly Epidemiol. Records.* **71**: 17-22.
- O.M.S.(2001). Malaria early warning systems, a framework for field research in Africa: concepts, indicators and partners WHO/CDS/RBM/2001.32. 1959, 11.
- O.P.S./O.M.S. (2002). Informe de la Situación de los Programas de Malaria en las Américas. 26ª Conferencia Sanitaria Panamericana. 54ª Sesión del Comité Regional (Washington, DC, EUA, 23-27 de Septiembre de 2002). CSP26/INF/3 (Esp.). 3-15.
- Pitt, S., Percy, B.E., Stevens, R.H., Sharipov, A., Satarov, K. & Banatvala, N. (1998). War in Tajikistan and re-emergence of *Plasmodium falciparum*. *Lancet.* **352**: 1279.
- Quiñonez, M.L., Suarez, M.F., Rodríguez, A., Fleming, G. & Galvis, L.E. (1984). Comportamiento de *Anopheles (Kerteszia) lepidotus* Zavortink, 1973 y su incriminación como posible vector de malaria en el Departamento de Tolima. *Biomédica*, **4**: 5-13.
- Rubio-Palis, Y. (1991). Vector biology and malaria transmission in western Venezuela. PhD Thesis, University of London. 261 pp.
- Rubio-Palis, Y. & Zimmerman, R.H. (1997). Ecoregional classification of malaria vectors in the Neotropics. *J. Med. Entomol.* **34**: 499-510.
- Shanks, G.D., Hay, S.I., Stern, D.I., Biomndo, K. & Snow, R.W. (2002). Meteorologic influences on Plasmodium falciparum malaria in the Highland Tea Estates of Kericho, Western Kenya. *Emerg. Infect. Dis.* **8**:1404-1408.
- Van der Stuyft, P., Manirankunda, L. & Delacollette, C. (1993). L'approche de risque dans le diagnostic du paludisme-maladie en regions d'altitude. *Ann. Soc. Belge. Méd. Trop.* **73**: 81-89.

