

Reporte Epidemiológico

Evolución espacial y temporal de la malaria en el municipio Sifontes del estado Bolívar, Venezuela. 1980-2013

Spatial and temporal evolution of malaria in the municipality of Sifontes, Bolívar State, Venezuela. 1980-2013

Jorge E. Moreno^{1,2}, Yasmin Rubio-Palis^{1,3}, Ángela R. Martínez⁴ & Porfirio Acevedo^{3,4}

RESUMEN

La malaria es endemo-epidémica en el estado Bolívar, con brotes epidémicos frecuentes debido a causas naturales y antrópicas. En el municipio Sifontes, ubicado en el noreste del estado, durante el último decenio se ha registrado un aumento considerable de los casos, cerrando 2013 con 46.610 casos, 71% % de la malaria del estado y 61% del país. Este es un foco meso-endémico de malaria inestable donde la transmisión ocurre durante todo el año, con brotes epidémicos estrechamente relacionados con la minería aurífera. A partir de 1983, gran parte de la malaria en Venezuela depende de la generada en el estado Bolívar, y esta a su vez de la generada en el municipio Sifontes. La revisión de la data de malaria del estado en el periodo 1980-2013 reveló la existencia de dos niveles epidemiológicos, uno basal y otro adicional, este último ligado a la minería aurífera; sin embargo, no se encontró correlación con la lluvia, para el nivel basal ($R = 0,41$, $P = 0,78$) ni para el nivel epidémico ($R = 0,41$; $P = 0,32$). Asimismo, la proyección geográfica de los datos reveló la naturaleza focal de la enfermedad en el municipio, el cual reúne todas las condiciones epidemiológicas, ambientales, climáticas y sociales para ser considerado un foco caliente. Las características espaciales y temporales de la malaria en el municipio Sifontes lo configuran como el foco de malaria más importante en Venezuela, el cual debe ser priorizado en los planes de control de la enfermedad.

Palabras clave: epidemiología, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium falciparum*, foco caliente

SUMMARY

Malaria is endemo-epidemic in Bolívar state with frequent epidemic outbreaks occurring due to both natural and anthropic factors. The Sifontes municipality, located in the northeastern corner of the state, has reported a considerable increase in the number of cases over the last decade; with 46.610 cases registered during 2013. This represents 71% of the number of malaria cases reported for the state and 61% for the country in this same year. Sifontes municipality is a meso-endemic focus of unstable malaria, and transmission occurs throughout the year with epidemic outbreaks tightly linked to gold mining activities. Since 1988 the increase in the number of cases reported in Venezuela has been determined by the number of cases reported in Bolívar state which, in turn, is correlated with the number of cases reported in Sifontes. A review of malaria data between 1980 and 2013 reveals the existence of two epidemiological categories: a base level and an additional level, the latter associated with gold mining; nevertheless, there was not correlation whit the rainfall for basal ($R = 0,41$, $P = 0,78$) or additional level ($R = 0,41$; $P = 0,32$). In addition, a geographic plotting of the data revealed the focal nature of malaria in the municipality, which to gather all environmental, climatic, social and epidemiological factors that have produced conditions typical of a hot spot. The spatial and temporal characteristics of malaria in the Sifontes municipality demonstrates that this is the most important malaria focus in Venezuela, and must be prioritized when designing strategies for the control of this disease.

Key words: epidemiology, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium falciparum*, hot spot.

¹ Servicio Autónomo Instituto de Altos Estudios "Dr. Arnoldo Gabaldon", Ministerio del Poder Popular para la Salud (IAE/MPPS), Maracay, estado Aragua, Venezuela.

² Centro de Investigaciones de Campo "Dr. Francesco Vitanza" (IAE/MPPS). Tumeremo, estado Bolívar, Venezuela.

³ Instituto de Investigaciones Biomédicas (BIOMED), Universidad de Carabobo, Sede Aragua. Venezuela.

⁴ Instituto de Salud Pública del Estado Bolívar, Ciudad Bolívar, estado Bolívar. Venezuela.

*Autor de correspondencia: jorermo@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La malaria es de naturaleza endemo-epidémica en el estado Bolívar, los brotes epidémicos son frecuentes debido a causas naturales y antrópicas. A partir de 1988 se instaló en el estado una epidemia la cual, a pesar de algunos descensos, se mantiene hasta 2013 con una fuerte tendencia al incremento [Dirección de Salud Ambiental del Estado Bolívar (DSAEB), 1995-2013; Ministerio del Poder Popular para la Salud (MPPS), 2013].

El municipio Sifontes, ubicado en el noreste del estado Bolívar, es considerado uno de los principales focos de malaria en Venezuela. Durante el decenio 2004-2013, se ha registrado un aumento considerable de los casos con una fuerte tendencia al incremento, superando la casuística por mucho el nivel de epidemia. Durante el año 2013 se reportaron en el municipio 46.610 casos, lo cual representó 70,6% de la malaria del estado y 60,8% del país, cifras record de malaria para este foco endémico (MPPS, 2013).

Esta región pertenece al área malárica meridional de Venezuela, que incluye los estados Bolívar y Amazonas, situados ambos al sur del país, en la frontera con Brasil, Colombia y Guyana (Gabaldon *et al.*, 1975). Este es un foco meso-endémico de malaria inestable (Snow & Gilles, 2002, Villegas *et al.*, 2011), donde la transmisión ocurre durante todo el año con brotes epidémicos provocados principalmente por factores antrópicos. En efecto, la evidencia indica que la actividad económica principal de la región, la minería aurífera, está estrechamente relacionada con la morbilidad malárica, debido a la fuerte intervención ambiental derivada del uso inadecuado de la tierra, lo cual ocasiona alteración del suelo y la hidrología superficial y crea ambientes propicios para la cría de anofelinos, e induce cambios en el patrón de comportamiento de las especies de anofelinos (Moreno *et al.*, 2000; 2007; 2009). El área ha sido considerada de alto riesgo a malaria donde ésta es considerada una enfermedad ocupacional, debido a su estrecha relación con la minería (Aché, 1998). Al igual que en otras regiones, la variabilidad de la malaria de esta área, es el resultado de la conjugación de una serie de factores ambientales y sociales tales como clima, vectores, parásitos y poblaciones humanas (Haines & McMichael, 1997; McMichael & Haines, 1997).

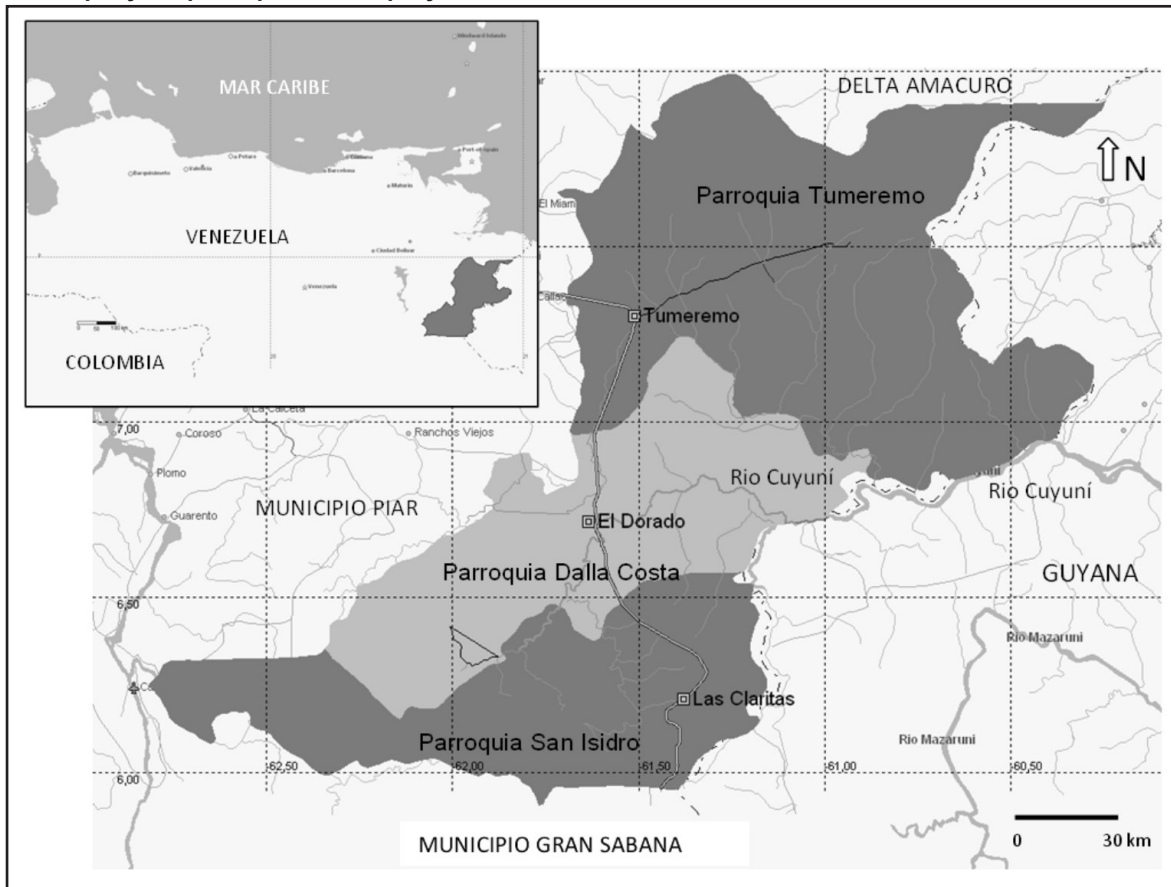
De manera concomitante, las estrategias clásicas de control de vectores, fundamentadas en el rociamiento intradomiciliario y las aplicaciones espaciales de insecticidas, han resultado insuficientes para resolver el problema. Esto es debido principalmente al comportamiento exofílico de los vectores, al fenómeno de la resistencia a los insecticidas y a graves problemas operativos en el programa de control (Cáceres, 2011; Molina *et al.*, 1997). Adicionalmente, existen factores sociales propios de las comunidades mineras, tales como la construcción de viviendas provisionales que no poseen superficies adecuadas para el rociamiento, hábitos laborales que exponen a las personas a la picada de anofelinos y alta movilidad. En este trabajo, a partir de la data anual generada por la Dirección General de Salud Ambiental (DGSA, 1936-2000) y la data semanal generada por el Servicio de Vigilancia Epidemiológica de la DSAEB (1995-2013), se hace un análisis retrospectivo de la malaria en el estado Bolívar y el municipio Sifontes durante el lapso 1980-2013, con el objeto de describir sus variaciones temporales y espaciales, con lo cual se pretende aportar nuevos elementos para el diseño de estrategias de control ajustadas a las variaciones de la enfermedad.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA ENDÉMICA

El municipio Sifontes del estado Bolívar abarca 24.392 km² y está ubicado en el extremo oriental del estado (lat 6° 00' - 7° 54' N, long 60° 44' - 61° 39' W). Geopolíticamente está dividido en tres parroquias: Tumeremo al norte, donde se encuentra la capital del municipio del mismo nombre; Dalla Costa en el centro, cuya capital es El Dorado y San Isidro al sur, un conglomerado urbano formado por las comunidades de Las Claritas, Ciudad Dorada y San Isidro (Fig. 1). Este territorio coincide casi en su totalidad con la cuenca del Cuyuní-Yuruarí, formada por la confluencia de los dos ríos y que tiene una extensión de 50.000 km², de los cuales aproximadamente 12.000 se encuentran fuera del territorio venezolano (Fig. 1). Propiamente, se trata de tres cuencas: la del río Yuruarí, la del Cuyuní hasta la confluencia con el Venamo y la del río Botanamo al norte (Hernández, 1987).

El municipio Sifontes se encuentra incluido dentro de la región Colinas, la cual representa una transición entre los ecosistemas de tierra baja y los montanos, con un relieve suave y altitudes inferiores a los 1.000 m, en la cual se distinguen dos subregiones

Fig. 1. División política del municipio Sifontes y su ubicación relativa en Venezuela. El polígono del municipio y las parroquias están proyectados en TrackMaker®.



del Escudo Guayanés (Huber & Oliveira-Miranda, 2010). La primera en el norte, denominada Subregión C.2., correspondiente a la parroquia Tumeremo, está conformada por un sistema de colinas y sierras bajas premontanas, caracterizada por una vegetación heterogénea y una pluviosidad media anual que varía entre 1.200 y 2.000 mm. Desde el punto de vista florístico y fisionómico, la cobertura vegetal varía desde bosques siempreverdes húmedos (ombrófilos) hasta bosques ribereños deciduos (caducifolios), alternando con sabanas ralas y vegetación saxícola sobre afloramientos rocosos. La segunda es la Subregión C.3., que cubre al resto del municipio y está conformada por el sistema de sierras bajas y colinas Imataca-Cuyuní, el cual pertenece a la provincia fitogeográfica Guayana oriental, que abarca desde el río Amacuro bajo en Venezuela, hasta el límite entre la Guayana Francesa y Brasil (Berry *et al.*, 1995; Huber, 1995; Huber & Oliveira-Miranda, 2010). Esta subregión está cubierta por diferentes tipos de bosques pluviales muy densos y altos (Huber & Oliveira-Miranda, 2010).

Según la clasificación de Koeppen, referida por Hernández (1987), esta zona presenta un tipo climático de sabana con ocho a nueve meses de lluvia, una temporada lluviosa entre abril y septiembre con un pico en junio y una temporada seca o menos lluviosa entre octubre y marzo, el acumulado anual promedio registrado en el en el decenio 1993-2005 fue de 1.276 mm para el área norte (C.2.) y 1.472 mm para el sur (C.3.), mientras que la temperatura media mensual para el mismo periodo fluctuó entre 22 y 26°C [Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables (MARNR), 1993-2005]. Desde el punto de vista eco-epidemiológico la zona entra en la categoría de malaria en bosques bajos interiores (Osborn *et al.*, 2004; Rubio-Palis & Zimmerman, 1997). El área se encuentra considerablemente afectada por actividades antrópicas tales como la minería, la explotación maderera y la ganadería, siendo sus principales manifestaciones la disminución de cobertura vegetal, la fragmentación de hábitats, la sedimentación de los ríos, la contaminación mercurial de sus humedales, la erosión del suelo y la

destrucción de la hidrología superficial (Rodríguez, 1999).

Según el último censo del Instituto Nacional de Estadísticas de Venezuela (INE, 2011) el municipio Sifontes tiene una población de 50.082 habitantes, de la cual 69% vive en las áreas urbanas de Tumeremo capital y en las poblaciones de El Dorado y Las Claritas (Fig. 1). El resto es población rural distribuida en los centros poblados criollos e indígenas ubicados a lo largo de la carretera troncal 10, ó dispersa por todo el territorio en pequeños campamentos improvisados ubicados en áreas boscosas llamados *minas*. Las *minas* son conglomerados de tiendas provisionales, precarias e incompletas construidas fundamentalmente de madera y plástico, habitadas por un número que varía entre algunas decenas y cientos de personas dedicadas exclusivamente a la explotación aurífera. Asimismo, según el INE (2011), hay en el municipio 8.746 (17,5%) indígenas, la mayoría de la etnia Pemón, quienes habitan en numerosos poblados ubicados a lo largo de la carretera troncal 10 y ejes fluviales de las parroquias Dalla Costa y San Isidro, cuya actividad principal es la agricultura de conuco. Hacia el norte, en la parroquia Tumeremo, en la reserva forestal de Imataca habita un pequeño grupo indígena de la etnia Kariña, los cuales viven en conglomerados de chozas de bahareque y se dedican principalmente a la caza, pesca, recolección y a la agricultura de subsistencia. Durante los últimos cinco años, se ha observado un incremento importante de actividad minera en ambas etnias indígenas.

Acercas de los vectores de malaria en este foco, Moreno *et al.* (2000), en un estudio de identificación de criaderos de anofelinos reportaron la presencia de 12 especies de *Anopheles*, de las cuales han sido involucradas en la transmisión *Anopheles darlingi* Root y *An. albitarsis* Lynch Arribalzaga *sensu lato* (= *An. marajoara* Galvao & Damasceno), teniéndose a *An. nuneztovari* Gabaldon *s.l.* como un vector potencial por su abundancia y ubicuidad y a *An. neomaculipalpus* Curry como vector en áreas selváticas (Moreno *et al.*, 2004; 2005; 2007).

Comportamiento anual de la malaria en el estado Bolívar en el lapso 1980-2013

Las tasas de prevalencia de malaria más elevadas en Venezuela se registraron en el periodo que va de 1936 a 1945, desde la fundación de la

Dirección de Malariología hasta la introducción del DDT en la campaña de erradicación (Gabaldon, 1949). Durante ese periodo, la tasa de prevalencia anual se mantuvo entre 200 y 500 casos de malaria por cien mil habitantes, comenzando un pronunciado declive a partir de 1945, y manteniéndose por debajo de 100 a partir de 1948 (DGSA, 1936-2000). Casi toda la malaria registrada en Venezuela en ese periodo hasta 1970, estuvo ligada a los focos ubicados al norte del río Orinoco, pero ese año se registra el primer brote epidémico de importancia en el estado Bolívar, en la región de Guaniamo en el municipio Cedeño, el cual eleva las tasas de prevalencia nacional nuevamente por encima de 200 casos por cien mil habitantes. A partir de allí la malaria se hace endemo-epidémica en el estado Bolívar, y es mantenida bajo control hasta 1987, cuando ocurre el brote de El Dorado en el municipio Sifontes (actualmente Las Claritas, Parroquia San Isidro), que junto con el brote del estado Sucre, elevan la tasa de malaria nacional por encima del umbral de 200 por cien mil habitantes una vez más (DGSA, 1936-2000).

La Fig. 2 resume la evolución anual de los casos de malaria en Venezuela, el estado Bolívar y el municipio Sifontes entre 1980 y 2013. En el estado Bolívar la malaria se mantiene alrededor de 200 casos durante los tres primeros años. A partir de 1984 el número de casos se eleva abruptamente por encima de 3.000, mostrando desde entonces un comportamiento que refleja claramente dos patrones: un nivel basal endémico representado por aquellos años en los cuales la malaria se mantiene por debajo de 10.000 casos anuales (1993-2003), y un nivel de malaria adicional representado por los años en que hubo brotes epidémicos. El primer brote ocurrió entre 1988 y 1991, cuando se produjo en el estado una epidemia que tuvo en promedio más de 26.000 casos anuales, con un pico superior a 30.000 casos en 1988 y un tope de 23 muertes en 1989. En el decenio 1993-2002 hubo un descenso significativo en la casuística, con un promedio anual ligeramente superior a 7.000 casos, de los cuales en promedio 60,2% correspondió a *Plasmodium vivax*, 40,8% a *P. falciparum* y 0,4% a infecciones mixtas (*P. vivax* + *P. falciparum*). Durante este periodo se inició una estrategia de control basada en la coordinación intersectorial mediante un convenio entre la Gobernación del Estado Bolívar, la Corporación Venezolana de Guayana y el entonces Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (= MPPS), lo cual podría haber incidido en el descenso de la

casuística. Una segunda epidemia se inicia a partir de 2004 manteniéndose hasta 2013, registrándose en promedio más de 31.000 casos anuales en el lapso, de los cuales en promedio 74,0% correspondió a *P. vivax*; 26,0% a *P. falciparum* y menos de 2,0% a infecciones mixtas (DSAEB, 1995-2013). Al final del periodo, el año 2013 el estado Bolívar cerró con 65.980 (86,0%) casos de 76.621 registrados en Venezuela, cifras record para el estado y el país (MPPS, 2013).

En el periodo completo, entre 1980 y 2013, se reportaron en Venezuela 997.884 casos acumulados de malaria, de los cuales 586.350 (58,8%) se originaron en el estado Bolívar (DGSA, 1936-2000; DSAEB, 1995-2013). En ese periodo hubo en el estado un promedio general de poco más de 17.000 casos anuales de malaria, promedio sesgado debido al comportamiento variable de la malaria expuesto anteriormente, lo cual queda evidenciado en los valores del rango y promedios obtenidos por nivel. En el nivel basal endémico se reportaron en promedio 7.769 casos anuales, con un rango que va de 3.682 a 13.146; mientras que en el nivel epidémico hubo en promedio 28.179 casos anuales de malaria, con un rango de 21.340 a 65.980. No obstante, al hacer una revisión exhaustiva de los datos, se revelan algunas particularidades en la evolución de la malaria, que hacen sospechar la existencia de más casos de los reportados en el periodo bajo ínter epidémico que va de 1993 a 2002. Al estratificar por clasificación de casos de este periodo, se evidencia como en los años 1995 a 1998, los casos autóctonos representan sólo una proporción menor del total anual, llegando los casos importados de otros estados del país y del exterior, a alcanzar cifras que van de 36% en 1998 a 65% en 1997, valores que sugieren un manejo espurio de los datos (DSAEB, 1995-2013).

En cuanto a la fórmula parasitaria, hubo en el estado durante el lapso 1980-2013 un promedio anual de 12.010 (66,4%) casos de *P. vivax* y 4.683 (32,8%) casos de *P. falciparum*, mientras que los casos mixtos representaron en promedio sólo 1,2% de la casuística total en el periodo. De nuevo, al realizar el análisis estratificando por niveles de malaria, la fórmula parasitaria en el lapso se altera notablemente, siendo los promedios en el nivel endémico para *P. vivax* y *P. falciparum*, 5.091 (62,1%) y 2.731 (38,6%) casos respectivamente, mientras que en el nivel epidémico los promedios se elevan a 23.296 (73,3%) y 8.210 (24,2%) casos para ambas especies, lo cual representa

un incremento de 11,2 puntos porcentuales de *P. vivax* y una disminución de 14,4 para *P. falciparum*. La relación proporcional de los casos de *P. falciparum* con respecto al total de los casos, cambia según la condición de la malaria; ésta especie tiende a aumentar cuando hay menos casos y disminuye marcadamente durante las epidemias, tal es el caso del periodo 1983-1987, al comienzo de la serie, cuando los casos de *P. falciparum* llegaron a ser hasta seis veces más que los de *P. vivax*, en una casuística siempre inferior a 5.000 casos (Fig. 3). Asimismo, la variación en la proporción interanual de *P. falciparum* tiende a ser menor que la de *P. vivax*, por cuanto los incrementos y decrementos de *P. falciparum* son menos bruscos, con excepción del periodo señalado, 1983 a 1987, cuando la proporción de esta especie supero la cifra de 50% del total de los casos, alcanzado un pico de 84% durante 1984. Entre los años 1980 a 2013, se reportaron 264 muertes por malaria, distribuidas en un rango de una a 26 personas fallecidas por año, estas últimas en el año 1998 (DGSA, 1936-2000; DSAEB, 1995-2013).

A partir de 1983 hasta 2013, la mayor parte de los casos anuales de malaria reportados en el estado Bolívar se originaron en el municipio Sifontes. En el lapso 1990-2013 el municipio sumó 279.649 casos acumulados, con un promedio anual de 11.652, lo que representó 56,4% de la malaria total producida por todos los municipios del estado en ese lapso (Tabla I). Los municipios con más malaria acumulada después de Sifontes en el lapso fueron Angostura (= Raúl Leoni) (9,3%), Cedeño (8,8%), Piar (7,8%), Sucre (7,7%), y Gran Sabana (7,2%), cuya suma alcanza a 40,8% del total, mientras que los demás municipios en conjunto representan menos de 3% de la malaria del estado (Tabla I).

Comportamiento de la malaria en el municipio Sifontes en el lapso 1980-2013

La evolución de la malaria anual en el municipio Sifontes en el lapso 1980-2013 mostrada en la Fig. 2, sigue un patrón muy similar al observado para el estado Bolívar (DGSA, 1936-2000; DSAEB, 1995-2013). La casuística en el municipio salta de tres casos (1,4%) en 1982 a 391 (61,0%) en 1983, pasando a 2.855 (77,5%) casos al año siguiente. La primera epidemia se produce en el lapso 1988-1991, con un pico en el primer año de 20.070 casos, generándose en promedio 16.141 casos anuales en el lapso. La segunda epidemia se produce en 2004, cuando la casuística salta

Tabla I. Casos de malaria anuales en el estado Bolívar por municipio en el lapso 1990-2013.

Municipio	Acumulado	Mínimo	Máximo	Promedio	%
Cedeño	43.353	56	4.316	1.806	8,75
Heres	2.881	10	279	120	0,58
El Callao	2.331	5	385	97	0,47
Piar	38.656	111	6.210	1.611	7,80
Pedro Chien	27	0	16	1	0,01
Roscio	842	0	245	35	0,17
Angostura*	46.216	486	3.944	1.926	9,33
Sucre	37.963	321	3.125	1.582	7,66
Gran Sabana	35.462	0	4.988	1.478	7,16
Caroní	8.120	0	1.655	338	1,64
Sifontes	279.649	1.310	42.981	11.652	56,44
Estado Bolívar	495.500	4.852	60.335	20.646	100,00

Fuente: Dirección de Salud Ambiental del Estado Bolívar 1090-2013.

*Anteriormente Municipio Raúl Leoni

de 5 a 15.000 casos, manteniéndose así hasta 2008 con un promedio de 13.850 casos anuales en el lapso. Nuevamente, en 2009 hay un incremento importante con un registro de 19.408 casos, generándose en promedio 28.656 casos anuales durante el último quinquenio (2009-2013), contra 13.850 reportado en el quinquenio anterior (2004-2008), lo que representa un incremento de 2,7 veces en el quinquenio, cerrando el año 2013 con un pico histórico para el municipio de 42.981 casos, según la data del estado Bolívar (Fig. 2). No obstante, según la data del MPPS (2013), adicionando los casos de malaria diagnosticados en

otros lugares del país procedentes de Sifontes, para este año hubo en el municipio 46.610 casos, para un total de 65.980 en el estado, representando esto 70,6% de la malaria del estado y 60,8% del país. El acumulado en el estado Bolívar en el quinquenio 2009-2013 fue de 219.636 casos de malaria, de los cuales 147.773 (67,3%) fueron reportados por el municipio Sifontes, distribuidos en 102.767 (69,5%) para la parroquia San Isidro, 38.696 (26,2%) para la parroquia Dalla Costa y 6.310 (4,3%) para la parroquia Tumeremo. Durante 2013 la parroquia San Isidro, incluyendo los casos diagnosticados en otros estados, reportó 33.385

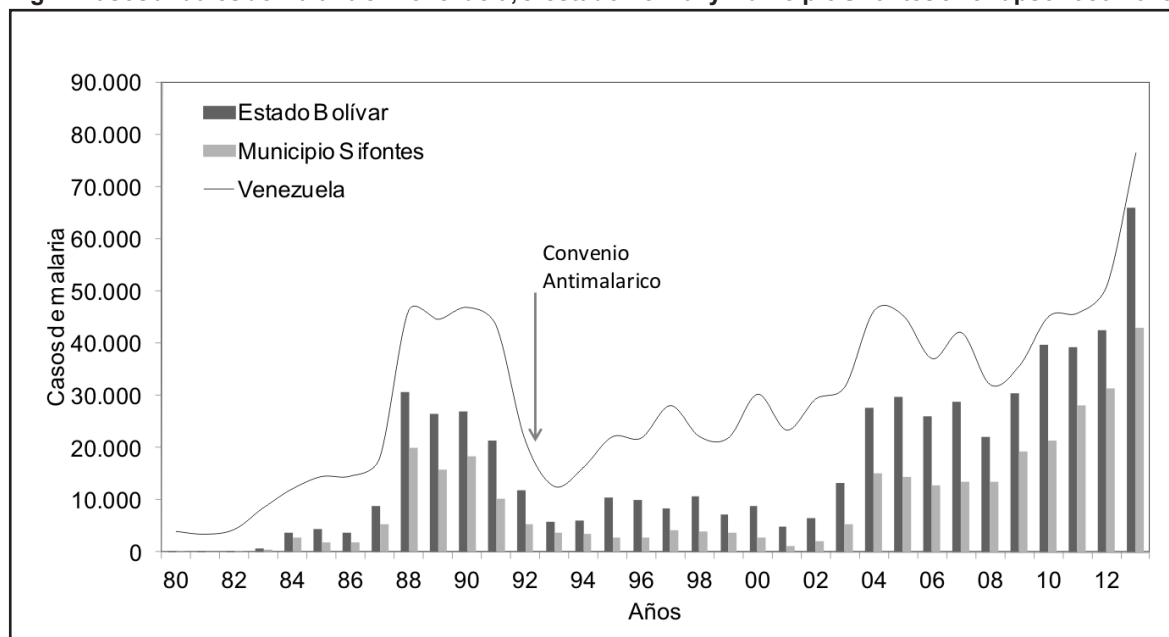
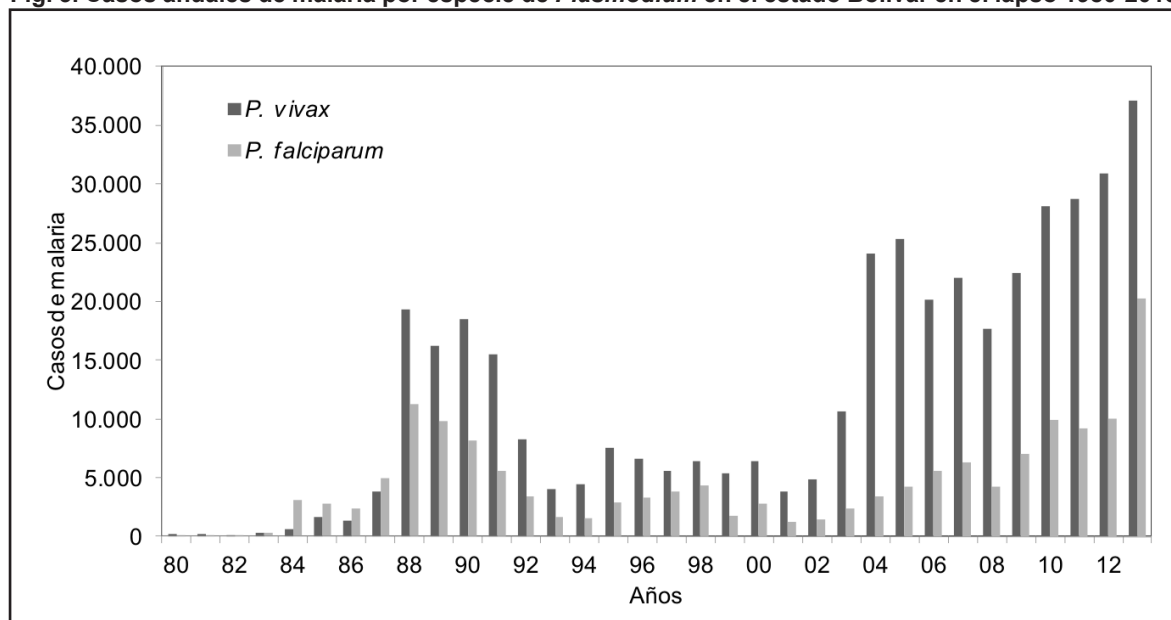
Fig. 2. Casos anuales de malaria en Venezuela, el estado Bolívar y municipio Sifontes en el lapso 1980-2013.

Fig. 3. Casos anuales de malaria por especie de *Plasmodium* en el estado Bolívar en el lapso 1980-2013.



casos, 71,6% de la malaria del municipio y 50,6% de la del estado, mientras que Dalla Costa reportó 11.881 (25,5%) casos (MPPSS, 2013). Espacialmente la malaria en el municipio se distribuye a lo largo de los ejes fluviales y caminos, fundamentalmente en las parroquias San Isidro y Dalla Costa, pero en los últimos cinco años las localidades con mayor prevalencia de malaria se han concentrado en el área de Las Claritas, un área muy pequeña de la parroquia San Isidro, dedicada exclusivamente a la minería aurífera, convirtiéndola en el foco caliente más importante en Venezuela (Fig. 4).

En promedio, la malaria anual del municipio representó 59,3% de la malaria del estado durante los lapsos epidémicos. En el lapso intermedio interepidémico 1992-2003, en promedio se originaron en el municipio 3.185 casos anuales de malaria, siendo los valores extremos 5.330 casos durante 1992 y 1.228 en 2001, representado esto en promedio 40,5% de la malaria anual del estado. La proporción más elevada de malaria en el municipio con respecto al estado registrada en la serie completa fue 77,5% (2.855 casos) en 1984, mientras que la proporción más elevada en un periodo epidémico fue 68,5% (18.473 casos) en 1990, siendo la proporción más baja 25,3% durante 2001 cuando solo se reportaron 1.228 casos. Es importante señalar que entre 1980 y 1982 solo se reportaron cuatro casos de malaria en el municipio Sifontes, cifra que se incrementó a 391 durante 1983.

Fig. 4. Casos de malaria acumulados por localidad en el lapso 2009-2013 en las áreas de explotación aurífera de las cuencas media y alta del río Cuyuní y sus afluentes, en las parroquias Dalla Costa y San Isidro. En el recuadro interior el área de Las Claritas.

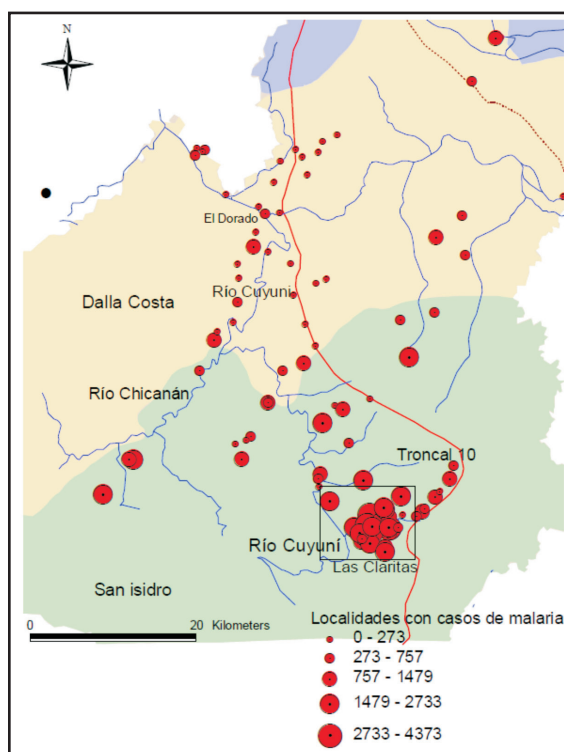
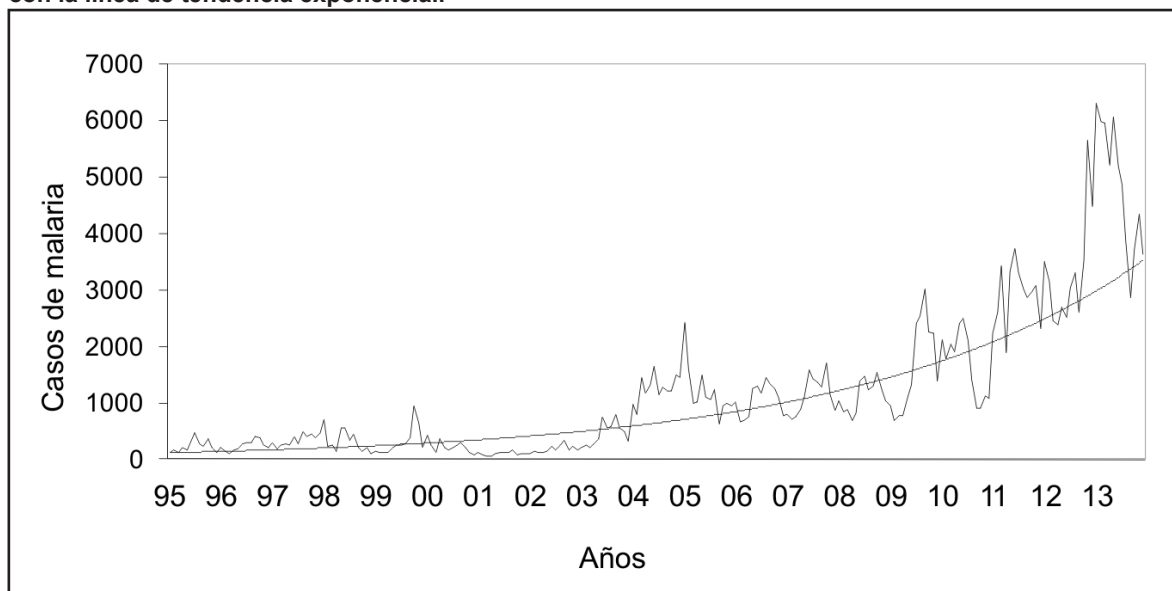


Fig. 5. Serie de tiempo de los casos de malaria mensuales en el municipio Sifontes en el lapso 1995-2013 con la línea de tendencia exponencial.

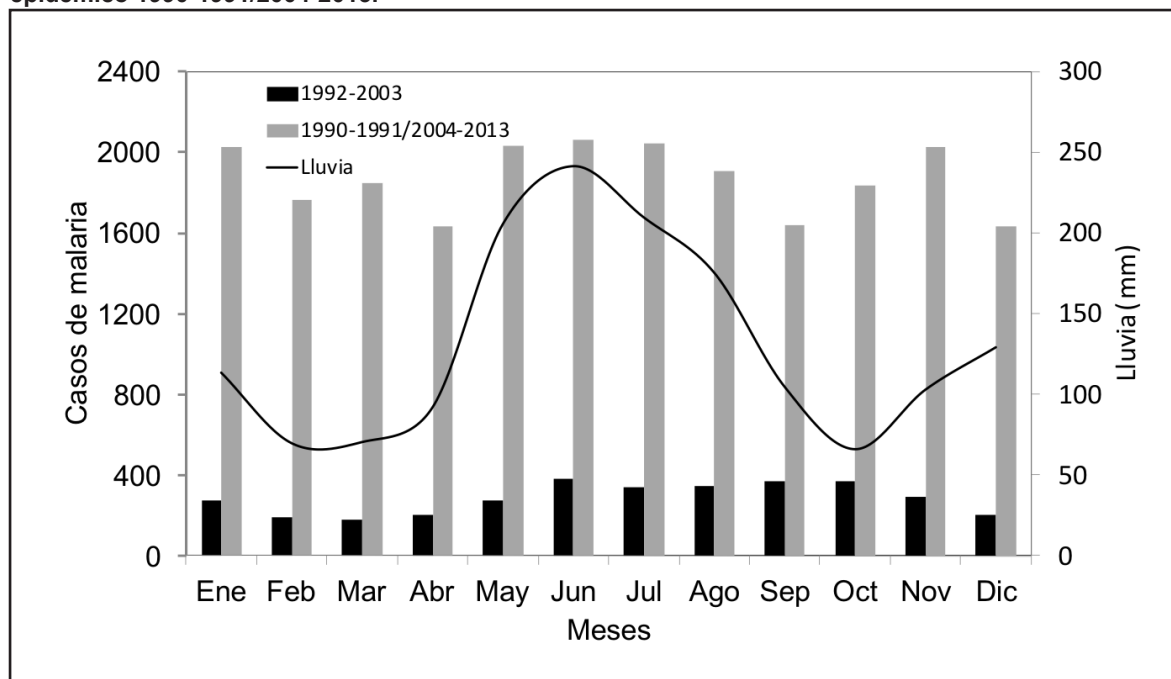


En cuanto a la casuística por especie de plasmodio en el municipio Sifontes, durante el lapso 1995-2013, se reportaron 100.715 (44,4%) casos acumulados de *P. vivax*, 27.267 (12,0%) casos de *P. falciparum* y 2.408 (1,1%) de infecciones mixtas. En este lapso la proporción anual promedio para *P. vivax* y *P. falciparum* fue de 66,4% y 32,8% respectivamente, mientras que los casos mixtos representaron sólo 1,2 % de la casuística anual en el municipio (DSAEB, 1995-2013). A partir de 2003 se comenzaron a reportar en el municipio casos de *P. malariae*, contándose 219 casos hasta 2010, con un rango que va de 1 a 53 por año, mientras que en el estado Bolívar se reportaron 243 entre 2001 y 2010 (DSAEB, 1995-2013).

La serie de tiempo anual, permite ver un claro patrón de comportamiento de la malaria en el municipio, que está definido por periodos epidémicos seguidos de periodos inter-epidémicos intercalados (Fig. 2). La tendencia y la diferencia marcada en la casuística entre los dos periodos en el municipio, se puede apreciar con más facilidad al graficar la serie mensual de malaria en el lapso 1995-2013 (Fig. 5). La serie mensual evidencia con mayor exactitud el patrón endemo-epidémico de la malaria en el municipio caracterizada por agudos picos mensuales, y confirma la tendencia de los últimos años a un pronunciado incremento a partir del año 2004, el cual se ha acelerado en los últimos cuatro años y la cual ajusta bien a una

línea de tendencia exponencial. En esta serie, el primer pico mensual se presenta en enero de 2005 con 2.421 casos, el segundo pico más elevado superó los 3.000 casos y ocurrió en septiembre de 2009, luego entre mayo y agosto de 2011 la malaria se mantuvo siempre por encima de 3.000 casos con un pico en junio cuando alcanzó la cifra de 3.725. Este evento fue un preludio del pico epidémico que se dispara a partir de noviembre de 2011, cuyo pico superó los 6.000 casos en enero de 2013 (Fig. 5). Esta situación se sostuvo durante todo el año 2013 con un promedio cercano a 5.000 casos mensuales. Sin embargo, tanto la serie anual como la serie mensual, grafican un perfil endemo-epidémico de la malaria en el municipio con bajadas y subidas abruptas, si bien la tendencia en los últimos años es al incremento. Al realizar una estratificación temporal del promedio mensual de los casos acumulados de malaria en el lapso 1990-2013, separando los años epidémicos (1990-1991 y 2004-2013) de los no epidémicos (1992-2003), se confirman los dos niveles epidemiológicos diferentes, el basal y el epidémico, derivados de las diferencias en los promedios mensuales de malaria de los años en que hubo epidemia con respecto a los demás años de la serie (Fig. 6). El periodo de malaria basal es aquel cuyos valores mensuales promedio fluctúan entre 200 y 400 casos aproximadamente, mientras que en el periodo epidémico están entre 1.600 y 2.000 casos mensuales. En promedio hubo 1.078 casos mensuales de malaria en el lapso completo, 285 en el nivel basal

Fig. 6. Promedios mensuales de malaria en el municipio Sifontes en los lapsos endémico 1992-2003 y epidémico 1990-1991/2004-2013.



y 1.872 en el nivel epidémico, lo cual representa un incremento de 6,7 veces durante las epidemias de malaria. En cuanto a la relación de la casuística mensual de malaria con la lluvia en el municipio mostrada en la Fig. 6, el análisis de correlación de Pearson (Statistica for Window, 1996), demuestra la ausencia de correlación significativa entre ambas variables para el nivel basal ($R=0,41$, $P=0,78$) y para el nivel epidémico ($R=0,41$; $P=0,32$).

DISCUSIÓN

Al observar la curva de evolución de la malaria en Venezuela esta parece estar estrechamente relacionada con fenómenos políticos y socioeconómicos nacionales y mundiales. La historia de la malaria en Venezuela claramente puede dividirse en tres etapas: la primera de 1936 a 1945, desde fundación de la Dirección de Malariología hasta el fin de la Segunda Guerra Mundial y la aparición del DDT, durante la cual se establecen las bases de la campaña de erradicación y se logran avances importantes, a pesar de las elevadas tasas de morbilidad en los llanos y región central del país (Gabaldon, 1949; Bouma & Dye, 1997); la segunda entre 1945 y 1970, marcada por la consolidación y el éxito de la campaña de erradicación, durante la cual se registra una caída drástica de la morbilidad y

mortalidad nacional por malaria (Gabaldon, 1969; Gabaldon *et al.*, 1975; Bouma & Dye, 1997); y la tercera, desde 1970 hasta el presente, la cual coincide con una etapa de desmejoramiento socioeconómico sostenido y progresivo del país. Esta situación trajo como consecuencia el aumento de las migraciones hacia el sur del río Orinoco y el comienzo de las explotaciones de minerales preciosos en esta área, principalmente oro y diamantes, y el resurgimiento de la malaria en el país.

Al analizar la evolución anual de la malaria en el estado Bolívar, lo primero que se evidencia en los datos es que a partir de 1983 la malaria en el estado depende en gran medida de la malaria generada en el municipio Sifontes, excepto en el periodo 1993-2002, cuando el estado Sucre tenía la incidencia más elevada del país (Cáceres, 2011). En términos proporcionales la malaria producida por el municipio Sifontes en ese lapso, supera ampliamente toda la malaria producida por el resto de los municipios del estado en conjunto. Al revisar la distribución espacial de los casos de malaria en los diez municipios del estado Bolívar, se observa que entre 1990 y 2013 más de la mitad de la malaria acumulada se produjo en el municipio Sifontes, particularmente en la parroquia San Isidro. Esta distribución demuestra claramente la naturaleza

focal de la enfermedad en el estado, probablemente condicionada por factores humanos y ambientales, confirmando la hipótesis de que el patrón espacial de la malaria es heterogéneo y de naturaleza focal, lo que a la vez condiciona la aparición de nuevos focos (Grillet *et al.*, 2009). Situaciones similares han sido descritas en Perú, donde se reportaron brotes de malaria en la jungla norte asociados a los patrones de movimiento de los comerciantes de madera, en el sur vinculados a la extracción de oro, y en la costa a la producción de arroz debido a deficiencias en el drenaje de los sistemas de irrigación (Chowell *et al.*, 2009). En el caso del municipio Sifontes, ha sido suficientemente documentado que la malaria está claramente asociada a la minería artesanal de oro, actividad que combina la presencia de personas susceptibles provenientes de áreas no endémicas, presencia de mosquitos vectores y alteración medioambiental (Aché, 1998; Cáceres, 2011; 2013; Moreno *et al.*, 2000; 2007).

La serie de tiempo mensual de malaria en el lapso también revela el carácter endemo-epidémico de la enfermedad en el municipio. El perfil de la malaria aquí, definido por periodos epidémicos de picos abruptos, seguidos de largos periodos inter-epidémicos intercalados, es el característico de una zona de malaria inestable de baja endemicidad (Bruce-Chwatt, 1980). La endemicidad de la malaria en esta área se establece en 1983, debido a factores socioeconómicos ligados a la explotación artesanal de oro, lo cual provoca la migración masiva de personas de diferentes lugares del país hacia esta zona, muchos de ellos provenientes de otras regiones endémicas del país y del exterior, lo que constituye un ejemplo de cómo los factores demográficos de las poblaciones humanas juegan un rol determinante en la transmisión de la malaria (Bouma, 2003; Chaves, 2007; Hay *et al.*, 2002; Shanks *et al.*, 2005). En esta zona se ha configurado un foco de malaria muy particular, propio de áreas de frontera económica donde el factor humano es preponderante sobre el factor ambiental o climático, de tal manera que, tal como lo demuestran los resultados de correlación en este trabajo, los casos no necesariamente están relacionados con la lluvia, a diferencia de la malaria del norte del río Orinoco antes de 1945, la cual presentaba una marcada estacionalidad, claramente asociada a los picos de lluvia, y en menor grado la de los estados Amazonas y Sucre (Gabaldon, 1949; Bouma & Dye, 1997; Grillet *et al.*, 2014). Esta situación coincide con lo que Gabaldon (1969, 1971), definió como *malaria inaccesible* o *inabordable*, configurado por

poblaciones humanas tales como mineros e indígenas, cuyas principales características son la alta movilidad, la carencia de residencia fija y viviendas provisionales e incompletas construidas con materiales precederos que los exponen a la picada de los mosquitos; por lo tanto, la malaria se debe más a aspectos culturales que a factores entomológicos o ambientales (Gabaldon, 1969; Gabaldon *et al.*, 1975).

La observación de la evolución de la malaria en el municipio Sifontes, evidencia la existencia de dos niveles epidemiológicos, un nivel basal no epidémico representado por aquellos años en los cuales la malaria se mantiene alrededor de 300 casos mensuales y un nivel epidémico, con años en los que el promedio mensual está alrededor de 2.000 casos. El comportamiento endemo-epidémico de la malaria en esta zona pudiera estar relacionado con el concepto de *malaria adicional* definida por Gabaldon (1949), como la malaria producida por vectores que se reproducen en habitats creados por el hombre, en adición a la malaria basal producida por vectores que se reproducen en criaderos de origen natural. En esta área, los criaderos artificiales, y en consecuencia la *malaria adicional*, pueden estar siendo generados por la alteración del paisaje y de la hidrología superficial ocasionada por la actividad minera que se inicia a principios de la década de los 80's. Esta actividad, que se ha incrementado desproporcionadamente en la última década, ha propiciado la aparición de charcas y lagunas con características adecuadas para la reproducción de *An. darlingi* el principal vector de malaria en este foco, y otras especies oportunistas adicionales tales como *An. albicans* s.l. y *An. nuneztovari* s.l. (Moreno *et al.*, 2000; 2004; 2007). Sin embargo, la existencia de criaderos adicionales no explica por sí sola la situación de malaria; esta condición ambiental, combinada con factores climáticos y las migraciones humanas temporales y compulsivas ocasionadas por las actividades mineras llamadas *bullas*, origina una *malaria adicional* en forma de brotes epidémicos que caracterizan el perfil epidemiológico de la malaria en este foco. Este fenómeno se ve reflejado en el perfil de la serie de tiempo mensual (Fig. 5), cuyos picos epidémicos no son cíclicos, lo que sugiere que hay factores antrópicos que alteran la forma cíclica característica del perfil endemo-epidémico; por tal motivo, la malaria en esta zona ha sido catalogada como una enfermedad ocupacional (Aché, 1998).

En cuanto a la casuística de malaria por especie de *Plasmodium*, en el área coexisten las tres especies de parásitos humanos que hay en América, con una clara predominancia de *P. vivax* con respecto a *P. falciparum*. La proporción promedio de *P. vivax* es de 60% en condiciones de malaria basal, pero durante los brotes epidémicos la proporción de esta especie aumenta a 70%, lo cual significa que las epidemias ocurren a expensas de *P. vivax*. La otra especie de parásito, *P. malariae* tiene una presencia marginal en el área, entre 1990 y 2000, solo cinco casos de esta especie fueron diagnosticados en el estado Bolívar, todos ellos considerados importados del estado Amazonas y de Guyana. En 2001 Pacheco *et al.* (2001) reportaron la aparición de seis casos autóctonos en el municipio Sifontes, y desde entonces se diagnosticaron 219 casos hasta 2011 (DSAEB, 1995-2013). Posiblemente debido a que la mayoría de los casos de esta especie son asintomáticos y a las bajas parasitemias detectadas, es muy probable que la baja casuística reportada en Sifontes sea debida a fallas en el diagnóstico, tal como ha sido reportado por Magris *et al.* (2007a) en el Alto Orinoco, estado Amazonas. En general, la prevalencia de esta especie es baja en casi todos los focos donde ha sido reportada, estando en el municipio Sifontes siempre por debajo de 0.1%; sin embargo, Magris *et al.* (2007b) reportaron una prevalencia de 17% en el municipio Alto Orinoco del estado Amazonas. *Plasmodium malariae* es una especie de zonas boscosas acerca de la cual se sabe muy poco en cuanto a su prevalencia real y su dinámica de transmisión, requiriéndose de mayor investigación al respecto, debido a que las infecciones por esta especie parecieran estar incrementándose en diversas áreas de su distribución geográfica en la cuenca amazónica (Galardo *et al.*, 2007; Magris *et al.*, 2007a; Pacheco *et al.* 2001). Sobre su dinámica vectorial, Galardo *et al.* (2007) reportaron tasas de infección de *P. malariae* inferiores a 1,0% en varias especies de mosquitos, mientras Magris *et al.* (2007a) reportaron 25,0% de *An. darlingi* positivo a proteína circumesporozoito de *P. malariae* en el estado Amazonas.

La estacionalidad de la malaria ha sido descrita como la acumulación de la mayoría de los casos en unos pocos meses, y que ocurre en áreas donde la transmisión tiene un comienzo y un final en el lapso de un año, definiéndose picos estacionales de malaria usualmente asociados a factores ambientales (Roca-Feltrer *et al.*, 2009). Desde este punto de vista, hay sitios que no presentan estacionalidad,

sitios con leve estacionalidad y otros con marcada estacionalidad. Según Roca-Feltrer *et al.* (2009), en los sitios sin estacionalidad, 50% de la malaria ocurre en seis meses del año, mientras que en los sitios de marcada estacionalidad 75% de los casos de malaria ocurren en el mismo lapso o menos; en el caso del municipio Sifontes, los casos están uniformemente distribuidos durante todo el año, sin acumulaciones y sin diferencias notables entre las estaciones del año. Esta distribución uniforme de la casuística de malaria a lo largo del año representa una contradicción, ya que según Smith *et al.* (1993), esta es una característica de sitios donde hay altas tasas de transmisión, y donde en consecuencia la prevalencia de malaria no varía por estación. En este sentido, según Roca-Feltrer *et al.* (2009) las zonas de alta transmisión son aquellas que tienen tasas entomológicas de inoculación (TEI's) superiores a 100 picadas infectivas por persona por año (pipa), mientras que Griffin *et al.*, (2010) han descrito zonas de alta transmisión en África cuyas TEI's varían entre 586 y 675 pipa. En el caso del municipio Sifontes fue reportada una TEI de 4,2 pipa (Moreno *et al.*, 2009), similar a la de 3,0 pipa reportada por Griffin *et al.* (2010) para una zona de baja transmisión. Esta contradicción puede ser explicada al considerar que, si bien la abundancia de *An. darlingi* es muy baja, las tasas de infección reportadas por Moreno *et al.* (2009) para el municipio son similares a las reportadas para el municipio Alto Orinoco, un área considerada de alta transmisión (Magris *et al.*, 2007a). Esto también significa, que debe haber otros factores diferentes a las tasas de transmisión que expliquen la elevada prevalencia de malaria en el municipio, tales como la concentración de grandes grupos de personas en áreas muy pequeñas por mucho tiempo.

Las características espaciales y temporales de la malaria en el municipio Sifontes, lo configuran como el foco más importante en Venezuela, ya que reúne todas las condiciones epidemiológicas, ambientales, climáticas y sociales descritas por Grillet *et al.* (2009) para un foco caliente en el cual se está originando constantemente malaria durante todo el año. Si bien en este trabajo solo se hace un análisis descriptivo de la malaria en el municipio Sifontes, constituye una aproximación válida y necesaria que resume su evolución desde que aparecieron los primeros casos en el estado Bolívar en 1980 hasta el año 2013. En este se describe el perfil endemo-epidémico de la malaria en el estado Bolívar y el municipio Sifontes y se resaltan sus principales características, como

la carencia de estacionalidad y la existencia de dos niveles epidemiológicos, uno basal y el otro adicional, ligado este último a la minería. Asimismo, el trabajo revela la naturaleza focal de la enfermedad y la predominancia de factores antrópicos por encima de variables entomológicas y ambientales. También demuestra, como a partir de 1983 gran parte de la malaria en Venezuela depende de la malaria generada en el estado Bolívar, y esta a su vez de la del municipio Sifontes, lo cual constituye unos sus principales aportes, dada la importancia de este hecho en la toma de decisiones y la implementación de planes de control eficaces y eficientes.

Por último, es importante subrayar una limitación importante que tiene el trabajo, y es que este fue realizado con la base de datos de malaria del estado Bolívar (DSAEB), que contiene solo los casos que se diagnostican en el estado, excluyendo los casos del estado y del municipio que son diagnosticados en el resto del país, incluidos en la base de datos de la DGSA, a la cual los autores no tuvieron acceso. Sin embargo, si bien es cierto que hay una diferencia entre la data local y la nacional esto no invalida el análisis, debido a que la diferencia no es tan grande como para cambiar significativamente los resultados en cuanto a la fórmula parasitaria, distribución porcentual de la malaria entre municipios, tendencias temporales ni distribución espacial. A pesar de la diferencia en las dos bases de datos, las estadísticas siguen siendo consistentes y en consecuencia, se puede afirmar que con cualquiera de las dos las conclusiones del trabajo serían las mismas.

Conflicto de Intereses

Los autores declaramos que no se presentó ningún conflicto de intereses durante la realización del presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de Salud Ambiental del Estado Bolívar por el suministro de la data epidemiológica de malaria regional y nacional correspondiente al periodo de estudio. Este trabajo fue posible gracias al financiamiento parcial del Servicio Autónomo Instituto de Altos Estudios "Dr. Arnoldo Gabaldon" y del Inter-American Institute for Global Change Research (CRN-048).

REFERENCIAS

- Aché A. A. (1998). Situación actual de la malaria en Venezuela. *Bol. Dir. Malariol. San. Amb.* **38**: 68-72.
- Berry P. E., Huber O & Holst B. K. (1995). Floristic Analysis and Phytogeography. pp. 161-191. En: *Flora of the Venezuelan Guayana. Vol. 1 Introduction*. Eds. Berry P. E., Holst B. K. & Yatskievych K. Missouri Botanical Garden. St. Louis. Timber Press. Portland. Oregon, USA.
- Bouma M. J. (2003). Methodological problems and amendments to demonstrate effects of temperature on the epidemiology of malaria. A new perspective on the highland epidemics in Madagascar, 1972-1989. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.* **97**: 133-139.
- Bouma M. J. & Dye C. (1997). Cycles of malaria associated with El Niño in Venezuela. *JAMA.* **278**: 1772-1774.
- Bruce-Chwatt L. J. (1980). *Essential Malariology*. London: Williams Heinemann Medical Books Ltd.
- Cáceres G. J. L. (2011). La Malaria en el estado Bolívar, Venezuela: 10 años sin control. *Bol. Mal. Salud Amb.* **51**: 207-214
- Cáceres G. J. L. (2013). Récord de incidencia malárica en Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.* **53**: 88-98
- Chaves L. F. (2007). *Casas Muertas and Oficina N° 1*: internal migrations and malaria trends in Venezuela 1905-1945. *Parasitol. Res.* Doi 10.1007/s00436-006-0427-1.
- Chowell G., Munayco C. V., Escalante A. A. & Mckenzie F. E. (2009). The spatial and temporal patterns of falciparum and vivax malaria in Peru: 1994-2006. *Malaria Journal.* **8**: 142 doi:10.1186/1475-2875-8-142
- Dirección de Salud Ambiental del Estado Bolívar [DSAEB] (1995-2013). Servicio de Vigilancia Epidemiológica del Estado Bolívar, Registros epidemiológicos, Ciudad Bolívar, Venezuela.
- Dirección General de Salud Ambiental [DGSA] (1936-2000). Coordinación de Vigilancia

- Epidemiológica, *Registros epidemiológicos*, Maracay, Venezuela.
- Gabaldon A. (1949). The nationwide campaign against malaria in Venezuela. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.* **43**: 113-164.
- Gabaldon A. (1969). Global eradication of malaria: changes of strategy and future outlook. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **18**: 641-656.
- Gabaldon A. (1971). Metodología para programas de erradicación de la malaria. *Bol. Dir. Malariol. San. Amb.* **11**: 285-313.
- Gabaldon A., Guzmán G. M. & Sifontes R. (1975). Necesidades en el campo de la investigación del programa nacional de erradicación y control de la malaria. *Bol. Dir. Malariol. San. Amb.* **15**: 263-285.
- Galardo A. K. R., Arruda M., D'Almeida A. A. R., Wirtz R., Lounibos L. P. & Zimmerman R. H. (2007). Malaria vector incrimination in three rural riverine villages in the Brazilian Amazon. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **76**: 461-469.
- Griffin J. T., Hollingsworth T. D., Okell L. C., Churcher T. S., White M., *et al.* (2010). Reducing *Plasmodium falciparum* Malaria Transmission in Africa: A Model-Based Evaluation of Intervention Strategies. *PLoS Med.* **7**: e1000324. doi:10.1371/journal.pmed.1000324
- Grillet M-E., Martínez J. E. & Barrera R. (2009). Focos calientes de transmisión de malaria: Implicaciones para un control orientado y efectivo en Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.* **49**: 7-22.
- Grillet M-E., El Souki M., Laguna F., León J. R. (2014). The periodicity of *Plasmodium vivax* and *Plasmodium falciparum* in Venezuela. *Acta Tropica.* **129**: 52-60.
- Haines A. & McMichael A. J. (1997). Climate change and health: implications for research, monitoring and policy. *BMJ.* **315**: 870-874.
- Hay S. I., Rogers D. J., Randolph S. E., Stern D. I., Cox J., Shanks G. D. *et al.* (2002). Hot tropic or hot air? Climate change and malaria resurgence in East African highlands. *Trends in Parasitol.* **18**: 530-534.
- Hernández G. R. (1987). *Geografía del estado Bolívar*. Academia Nacional de la Historia, CVG Siderúrgica del Orinoco, C. A. Italgráfica, S. R. L. Caracas, Venezuela.
- Huber O. (1995). Vegetation. pp. 97-160. En: *Flora of the Venezuelan Guayana Vol. 1: Introduction*. Eds. Berry P. E., Holst B. K. & Yatskievych K. Missouri Botanical Garden: St. Louis, Missouri & Timber Press. Portland, Oregon, USA.
- Huber O. & Oliveira-Miranda M. E. (2010). Ambientes Terrestres de Venezuela. pp. 29-89. En: *Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela 2010*. Eds. Rodríguez J. P., Rojas-Suárez F. & Hernández D.G. Documento en línea: http://cmsdata.iucn.org/downloads/rodriguez_et_al_2010_Iretv_2_.pdf . (Consultado: 2014, Junio 18).
- Instituto Nacional de Estadística [INE] (2011). *XIV Censo nacional de población y vivienda 2011*. Documento en línea: <http://www.redatam.ine.gov.ve/Censo2011/Index.html> (Consultado: 2014, abril 28).
- Magris M., Rubio-Palis Y., Alexander N., Ruiz B., Galvan N., Frias D. *et al.* (2007b). Community-randomized trial of Lambdaacyhalothrin-treated hammock nets for malaria control in Yanomami communities in the Amazon región of Venezuela. *Trop. Med. Int. Health.* **12**: 1-12.
- Magris M., Rubio-Palis Y., Menares C. & Villegas L. (2007a). Vector bionomics and malaria transmission in the Upper Orinoco river, Southern Venezuela. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **102**: 303-311.
- McMichael A. J., Haines A. (1997). Global climate change: the potential effects on health. *BMJ.* **315**: 805-809.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables [MARNR] (1993-2005) *Registros climatológicos, estaciones de Anacoco y Fuerza Aérea Venezolana*. Tumeremo, Venezuela.

- Ministerio del Poder Popular para la Salud [MPPS] (2013). *Boletín Epidemiológico*. (Semana epidemiológica N° 52). Caracas, Venezuela.
- Molina de Fernández D., Saume R. F., Bisset J., Hidalgo O., Castillo M., Anaya W. *et al.* (1997). Establecimiento de una línea de susceptibilidad de la fase adulta de *Anopheles* spp. a insecticidas químicos. *Bol. Dir. Malariol. San. Amb.* **37**: 55-69.
- Moreno J., Rubio-Palis Y. & Acevedo P. (2000). Identificación de criaderos de anofelinos en un área endémica del estado Bolívar, Venezuela. *Bol. Dir. Malariol. San. Amb.* **40**: 21-30.
- Moreno J. E., Rubio-Palis Y., Páez E., Pérez E. & Sánchez V. (2007). Abundance, biting behavior and parous rate of anopheline mosquito species in relation to malaria incidence in gold-mining areas in southern Venezuela. *Med. & Vet. Entomol.* **21**: 339-349.
- Moreno J. E., Rubio-Palis Y., Páez E., Pérez E., Sánchez V. & Vaccari E. (2009). Malaria entomological inoculation rates in gold mining areas of southern Venezuela. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **104**: 764-768.
- Moreno J., Rubio-Palis Y., Sánchez V. & Mariani D. (2004). Primer registro de *Anopheles (Nyssorhynchus) nuneztovari* Gabaldon, 1940 (Diptera: Culicidae) en el estado Bolívar y sus implicaciones eco-epidemiológicas. *Entomotrópica.* **19**: 55-58.
- Moreno J. E., Rubio-Palis Y., Sanchez V., Mariani D. 2005. *Anopheles (Anopheles) neomaculipalpus*: a new malaria vector in the Amazon basin? *Med. & Vet. Entomol.* **19**: 329-333.
- Osborn F. H., Rubio-Palis Y., Herrera M., Figuera A. & Moreno J. E. (2004). Caracterización ecoregional de los vectores de malaria de Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.* **44**: 77-92.
- Pacheco M., Villegas L., Páez E. & Moreno J. (2001). Re-emergencia de *Plasmodium malariae* en el estado Bolívar [Abstract]. *Bol. Vzlan. Infectol.* **11**: 5.
- Roca-Feltrer A., Armstrong S. J. R. M., Smith L. & Carneiro I. (2009). A simple method for defining malaria seasonality. *Malaria Journal.* **8**: 1-14.
- Rodríguez A. R. (Comp.) (1999). *Conservación de humedales de Venezuela. Inventario, diagnóstico ambiental y estrategia*. Comité Venezolano de la UICN. Caracas, Venezuela.
- 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., Omunbo J. A. & Snow R. W. (2005). Malaria in Kenya's western highlands. *Emerg. Infect. Dis.* **11**: 1425-1432.
- Smith T., Charlwood J. D., Kihonda J., Mwankusye S., Billingsley P., Meuwissen J., *et al.* (1993). Absence of seasonal variation in malaria parasitaemia in an area of intense seasonal transmission. *Acta Trópica.* **54**: 55-72.
- Snow R. W. & Gilles H. M. (2002). The epidemiology of malaria. pp. 94-106. En: *Essential Malariology*. Ed. Warrell D. A. & Gilles H. M. 4ta. ed. Arnold. London, New York, New Delhi.
- Statistica for Windows (1996). *Release 5.1. StatSoft; Inc.* 1984-1996. Tulsa.
- Villegas L., Hernández N. & Guevara M. E. (2011). Epidemiología de la malaria en Venezuela. pp. 43-64. En: *Fundamentos en el diagnóstico y control de la malaria*. SA IAE "Dr. Arnoldo Gabaldon" Eds.

Recibido el 29/07/2014
Aceptado el 25/11/2014