

Casos de Fiebre Amarilla en Portuguesa, Venezuela: ¿un brote selvático espurio?

Manuel Muñoz-Rodríguez^{1,2}, Jazzmin Arrivillaga¹, Juan-Carlos Navarro²

¹Laboratorio de Ecología Molecular de Vectores. Departamento de Estudios Ambientales. Universidad Simón Bolívar. Sartenejas. Venezuela. ²Laboratorio de Biología de Vectores. Instituto de Zoología y Ecología Tropical. Universidad Central de Venezuela. Caracas. Venezuela.

RESUMEN

Introducción. En 2005 se detectaron en una zona rural del Estado Portuguesa, Venezuela, casos de Fiebre Amarilla (FA) en humanos confirmados por aislamiento viral. El brote se asoció a la intromisión de campesinos al bosque donde se asume que circula el virus en forma enzoótica. Sin embargo, este tipo de diagnóstico resulta impreciso, ya que hoy día, producto del urbanismo el contacto hombre-vector-hospedador autóctono se ha incrementado, a la vez que se ha observado una expansión del hábitat de vectores urbanos. En el caso de la FA, esto supondría una revisión en la manera de abordar el problema en cuanto a la determinación del vector involucrado (urbano o selvático-rural), lo cual es vital para desarrollar medidas preventivas y de control.

Objetivo. Evaluar en forma rápida la entomofauna y la distribución espacio-temporal de vectores de la familia Culicidae asociada a un foco de FA y estimar su implicación en la transmisión del virus de FA y otros patógenos.

Materiales y Métodos. Se realizaron muestreos puntuales de mosquitos adultos y larvas, diferenciados temporal y espacialmente (zona intervenida-boscosa). Para ello se emplearon trampas CDC (luz / CO₂) durante 24h para, capturas con aspiradores mecánicos de mosquitos en reposo y en actividad de alimentación. Las fases inmaduras fueron colectadas por succión del líquido en diferentes recipientes o criaderos naturales y

artificiales. Las especies fueron identificadas por medio de claves disponibles y comparación con material de museo. La estructura de la comunidad se evaluó y se comparó mediante índices de diversidad y similaridad.

Resultados. Se observó co-existencia de especies de *Haemagogus* y *Sabethes* con *Aedes aegypti* en la zona intervenida de viviendas y en el área boscosa contigua, principalmente en muestreos diurnos empleando cebo humano, lo que evidencia un comportamiento antropofílico, y por ende un factor de riesgo epidemiológico importante a ser considerado.

Conclusión. El inventario de la entomofauna asociada al foco de FA evidencia la potencialidad de transmisión local en el área de mayor intervención humana sin el desplazamiento de la población hacia la zona boscosa tal como es considerado en el ciclo clásico de transmisión de fiebre amarilla selvática, con base en la poca diferenciación en la composición de especies vectoras del virus FA entre la zona de viviendas y la boscosa, lo que revela conectividad ecológica entre el área de viviendas (caserío) y la menos intervenida (bosque) a pesar de la fragmentación del hábitat. La presencia conjunta de especies de transmisión selvática y urbana en las áreas de actividad humana sugiere que no existe una diferenciación espacial entre el clásico ciclo selvático y el urbano en la localidad de Santa Lucía.

Solicitud de sobretiros: Juan-Carlos Navarro. Laboratorio de Biología de Vectores. Instituto de Zoología y Ecología Tropical. Universidad Central de Venezuela. Caracas. Venezuela. E-mail: juan.navarro@ciens.ucv.ve

Recibido: el 15 de octubre de 2010. **Aceptado para publicación:** el 20 de diciembre de 2010

Este artículo está disponible en <http://www.revbiomed.uady.mx/pdf/rb102135.pdf>

Palabras clave: Culicidae, enfermedad re-emergente, *Haemagogus*, mosquitos, riesgo epidemiológico, *Sabethes*, urbanización de enfermedades

ABSTRACT

Cases of Yellow Fever in Portuguese, Venezuela: A Spurious Jungle Outbreak?

Introduction. In 2005, in a rural locality of Portuguesa State-Venezuela, was detected a small outbreak of Yellow Fever (YF) confirmed by virus isolation. These cases were associated to introduction of peasants into nearby rainforest where the virus have been circulating in an enzootic cycle. Nevertheless, this diagnosis is imprecise, because nowadays as consequence of expansion of urban areas, the human contact with wild vectors and hosts has increased, like as the domestic vectors distribution. The situation above described, would suppose to reconsider which vectors are involved in the transmission of YF in a specific place, which is important for prevention and control strategies.

Objective. To realise a rapid survey the mosquito fauna potentially associated to be involved in a YF local outbreak, search its spatio-temporal distribution and to infer the possible role in the virus transmission.

Materials and Methods. Field samplings of adult mosquitoes temporal and spatially, were done, using CDC light-traps (light/CO₂) 24h hours, also using mechanical aspirators in resting places and human bait. The larvae were collected in different natural and artificial breeding containers by mechanical suction. The species were identified by available keys and specimens museum comparison. The community structure was evaluated and compared using diversity and similarity indices.

Results. Overlapping occurrence in time and space of *Haemagogus* and *Sabethes* species with *Aedes aegypti* in sites with major human activity (dwellings area) and also in the forest. These species shown anthropophilic biting pattern, which represent an important epidemiological risk.

Conclusions. The mosquito fauna found in the

locality suggest the possibility of local transmission of YF both in dwellings and forest, without the requirement of human displacement to nearby forest as the classical sylvan YF transmission cycle, since there are not differentiation in the vector species composition involved in the transmission of YF between forest and houses zones. This fact reveals an ecological connectivity despite the fragmentation of natural habitat. Our results evidence that, in Santa Lucia, there are not spatial-temporal differentiation between a potential sylvan cycle and urban cycle.

Key words: Culicidae, emergent diseases, epidemiological risk, *Haemagogus*, mosquitoes, *Sabethes*, disease urbanization

INTRODUCCIÓN

Alrededor de un 17% de los agentes causales de zoonosis que afectan hoy día a los seres humanos, a los animales domésticos y de vida silvestre, son transmitidos entre los diferentes hospedadores vertebrados a través de un vector natural que en la mayoría de las enfermedades metaxénicas está representado por un invertebrado (1-6). Estos vectores naturales cumplen un rol fundamental en el mantenimiento, reproducción y propagación de un agente patogénico en el ambiente, motivo por el cual, investigaciones que estén destinadas a estudiar la ecología y la biología de estos vectores son de gran importancia para el desarrollo de estrategias de manejo y control de la enfermedad (7-10). Entre los vectores naturales, los mosquitos de la familia Culicidae tienen gran interés médico y veterinario, en función de los valores altos de abundancias y el comportamiento antropofílico en ambientes urbanos, peridomésticos y silvestres, así como su incriminación como vectores naturales en los brotes epidémicos producidos por los diversos agentes etiológicos que estos insectos transmiten (7), entre los que podemos mencionar al virus de la Fiebre Amarilla (FA).

El arbovirus causal de FA, perteneciente al género *Flavivirus* y a la familia Flaviviridae,

Fiebre amarilla, ¿brote selvático espurio?

se mantiene en la naturaleza entre dos ciclos de transmisión: uno selvático o enzoótico y uno urbano o epizoótico. En el primero, participan en el rol de reservorios, primates no humanos, mientras que el papel de marsupiales y roedores como hospedadores primarios permanece en estudio (11-15). Los vectores involucrados en el ciclo selvático son principalmente mosquitos de los géneros *Haemagogus* y *Sabethes*, especialmente las especies *Haemagogus janthinomys* Dyar, *Haemagogus albomaculatus* Theobald, *Haemagogus leucocelaenus* Dyar & Shannon y *Sabethes chloropterus* (Humboldt) (12,15). Estas especies de mosquitos han sido consideradas de hábitos estrictamente silvestres y arborícolas (de actividad en dosel de bosques), en función de los criaderos que explotan a lo largo su ciclo de vida, preferentemente plantas epífitas, huecos de árboles y bambús, axilas de bromelias, cáscaras de frutos caídos y los frondes de plantas características de zonas boscosas, aunque también, aunque con menor frecuencia, se han reportado estadíos larvales de estas especies en recipientes artificiales (12,16). Los mosquitos hembras de estas especies se alimentan especialmente de primates no humanos, infectándose con el virus cuando pican a un reservorio que presenta niveles de viremia lo suficientemente altos, completándose el ciclo de transmisión cuando el mosquito en procura de una segunda ingesta se alimenta de un hospedador susceptible (14,17,18). También se ha reportado la transmisión transovárica (11-15).

Tradicionalmente se ha considerado que el humano es un hospedador accidental, infectándose del agente etiológico, cuando por motivos de trabajo o entretenimiento, se introduce en el bosque, nicho ecológico de especies de mosquitos *Haemagogus* y *Sabethes*, quienes mantienen la circulación del virus en el ciclo enzoótico (11, 12,19,20). El humano que se ha infectado en una zona enzoótica, durante los primeros 3 días de incubación del virus se traslada a centros urbanos, se convierte en un portador y amplificador del agente causal de la FA en la población introduciéndolo el

un posible ciclo urbano (11,12). De esta manera, el ciclo urbano se considera supeditado a la injerencia del hombre en un ambiente boscoso donde circula el virus en su forma: primate silvestre-mosquito-primate silvestre o algún reservorio como marsupiales arborícolas. En el ciclo urbano, el hombre actúa como r fuente de infección, siendo el vector *Aedes aegypti* (L.), un mosquito con alto grado de antropofilia y solapamiento de nicho con el humano, pudiendo este vector transmitir el patógeno, horizontal y verticalmente a través de la picada y por vía transovárica respectivamente (14,15,19,21,22).

A partir de la introducción de virus causal de la FA en el continente Americano en el siglo XVI, son muchos los reportes de epidemias emergentes y re-emergentes de este mal en la región Neotropical, pasando a constituir uno de los principales problemas para la salud pública en muchos países de la región, Venezuela entre ellos (12,13,23). En este país, los primeros casos de FA se remontan a finales del siglo XVII, desde ese momento la enfermedad ha re-emergido de manera intermitente hasta la actualidad (13,23). Luego de un período de 40 años sin registros de casos, se produce una onda epidémica de FA entre los años 2002-2005, con nuevos casos clínicos en varios estados y localidades del país, que incluían: Apure, Barinas, Mérida, Táchira, Zulia, Portuguesa Bolívar y Amazonas (12,13,24). Durante esos brotes epidémicos, la política de control implementada por los entes públicos consistió en la vacunación de la población de las localidades afectadas.

Históricamente, en Venezuela, los casos humanos reportados corresponden a personas que se han introducido a zonas boscosas como consecuencia de actividades como: la siembra, la recolección de madera, la cría de animales, la minería, la explotación petrolera y turismo, al mismo tiempo, estos casos ocurrieron en localidades cercanas a las regiones identificadas como endémicas, a saber: Selvas de San Camilo, Selvas de Guayana y Selvas del sur-oeste del Lago de Maracaibo (12,13,23). Por estas razones,

los casos fueron reportados como selváticos. Sin embargo, no se realizaron estudios eco-epidemiológicos que permitieran confirmar el lugar de infección, lo cual tiene gran importancia al momento de desarrollar estrategias efectivas dentro del programa de control de la Fiebre Amarilla, que manejan los ministerios de salud, cuando se aborda un foco activo de FA con casos agudos.

Por otro lado, la población humana se encuentra en continuo crecimiento demográfico, lo que ha generado el crecimiento constante de las zonas urbanas y sub-urbanas en las principales ciudades a nivel mundial, así como también en ciudades secundarias, pero en ausencia de una planificación urbana (3,5, 9, 10,25). Este hecho ha generado que en las áreas periféricas de los centros urbanos se encuentre mayor abundancia de personas viviendo en condiciones de hacinamiento y con precariedad de servicios básicos, principalmente de servicio de agua, lo que ha sido un factor modulador de la colonización y proliferación de *Aedes aegypti* vector urbano de la FA y del virus dengue (10,21,22,25).

Por otro lado, esta población que vive en los bordes de las ciudades, se encuentra más expuesta a la fauna autóctona que las personas que habitan en los centros urbanos. Algunos de los componentes de esta fauna podrían cumplir el rol de reservorios o de vectores de diversos agentes causales de zoonosis, por lo que las poblaciones humanas que habitan en los puntos periféricos de los centros urbanos, como consecuencia del efecto de borde, tienen mayor frecuencia de contacto con la fauna silvestre local, mientras que, la población más cercana al centro de la distribución tienen menor riesgo epidemiológico, debido a la menor potencialidad de translocación del patógeno en el caso donde la transmisión de la enfermedad involucre fauna silvestre, doméstica y humanos (26). Algunas de estas especies, dentro de la diversidad de la fauna silvestre (insectos y mamíferos), cumplen el rol de reservorios y de vectores dentro del ciclo zoonótico de la FA (10,25), por lo que las barreras geográfico-

espaciales que separan a los ciclos selváticos y urbanos, en muchas localidades sean cada vez más tenues y tiendan a desaparecer, lo que implica que, el status de un caso de FA selvático/urbano, no es fácilmente determinado únicamente por el sitio de ocurrencia.

En esta investigación se empleó un método de evaluación rápida de la entomofauna de especies de la familia Culicidae para determinar la potencialidad de un área como foco de infecciones zoonóticas, particularmente FA. De esta forma se evaluó la presencia espacio-temporal de especies que han sido incriminadas como vectores potenciales o efectivos del agente causal de la FA, y otras zoonosis, asociadas a dos áreas con diferente grado de intervención antropogénica dentro de una misma localidad geográfica en donde se registraron casos clínicos de FA en humanos para el año 2009.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Los muestreos se realizaron en la población rural o "caserío" de Santa Lucía, localizada en las coordenadas 9°10'3"N, 69°58'9" W, ubicado en las cercanías del río Anus, en el Municipio Sucre, Estado Portuguesa, Venezuela. Las principales actividades humanas en la localidad son las agropecuarias de subsistencia y las turísticas en pequeña escala (balneario). La temperatura media anual oscila entre 22-26°C y las precipitaciones anuales entre 1400-1800mm (27). La vegetación característica es de bosque húmedo tropical, con fragmentación producto de la actividad humana, con presencia de construcción de caminos que conducen a los habitantes de la zona a internalizarse en el bosque para su jornada de trabajo agrícola, búsqueda de fuente de agua y para el pastoreo de los animales domésticos. Se distinguen al menos dos niveles de intervención por urbanismo no planificado: zona 1 (zona con mayor intervención por la existencia de asentamientos humanos, casaplatos y carretera principal) y la Zona 2 (el parche de bosque primario semi-intervenido).

Fiebre amarilla, ¿brote selvático espurio?

En la **Figura 1** se muestra una imagen satelital del área de muestreo, en ella se indican los sitios específicos de colecta. En la figura las marcas amarillas corresponden a los sitios de muestreo ubicados en la zona boscosa, mientras que las rojas corresponden a la zona intervenida. Se realizaron colectas en once puntos de la localidad, cinco en bosque, y seis en zonas intervención antropogénica. Los puntos de colecta se mantuvieron tanto en temporada de lluvia como en temporada de sequía, y sus coordenadas se encuentran a disposición del solicitante.

Metodología de muestreo de mosquitos adultos

La colecta de mosquitos de la familia Culicidae se realizó durante 7 días, divididos en dos muestreos puntuales, uno en la habitual temporada lluviosa, realizado en agosto del 2009, durante 4 días, y otro en diciembre del mismo

año, en temporada de sequía, durante 3 días. La recolección de las muestras se realizó en dos horarios: diurno (8:30 -18:00 h) y nocturno (18:00-8:30 h), y en dos zonas diferenciadas en función de su grado de intervención humana; zona intervenida o zona 1 (casas, carretera principal y patios) definida como aquella en donde la vegetación autóctona fue desplazada producto de la tala, la quema y/o construcción, y la zona boscosa o zona 2 (caminos en medio de la zona boscosa y dentro del bosque) en donde la acción antropogénica es mucho menos perceptible. Debido a la diferenciación temporal y espacial se pueden distinguir 8 condiciones de muestreo diferentes que incluyen la escala espacial y temporal: bosque-diurno-lluvia (BDLL), bosque-nocturna-lluvia (BNLL), intervenida-diurna-lluvia (IDLL), intervenida-nocturna-lluvia (INLL), bosque-diurna-sequía (BDS), bosque-nocturna-sequía (BNS), intervenida-diurna-sequía (IDS), intervenida-nocturna-sequía (INS).



Figura 1. Imagen satelital de la localidad de muestreo. En color amarillo se resaltan los sitios de colectas ubicados en zona boscosa, en rojo, los ubicados en zona intervenida.

El muestreo diurno se realizó: 1-capturando insectos que se encontraban posados sobre animales domésticos o de producción, o que se encontraban en reposo en hueco de árboles. La captura de los insectos se realizó utilizando un aspirador de vidrio manual; 2- implementación de cebo animal y 3-trampas CDC con CO₂.

El muestreo nocturno se realizó utilizando trampas CDC con CO₂ y trampa de Shannon. Todas las muestras de mosquitos adultos capturados fueron almacenadas en nitrógeno líquido. Las muestras fueron transportadas vía terrestre para su procesamiento en el Laboratorio de Biología de Vectores (LBV) en el Instituto de Zoología y Ecología Tropical de la Universidad Central de Venezuela.

Metodología de muestreo de larvas

Tanto en temporada de sequía como en temporada de lluvia, se exploró el área en búsqueda de criaderos de mosquitos en las Zonas 1 y 2. En los criaderos positivos, se procedió a extraer con un succionador manual el agua almacenada, la cual fue vertida en bolsas de polietileno. Posteriormente, las muestras de larvas vivas fueron trasladadas al laboratorio, para el desarrollo de una cría asociada, los mosquitos adulto emergidos se almacenaron en un ultracongelador a -80°C, para fines de identificación taxonómica y posterior aislamiento viral.

Identificación taxonómica

La identificación de los mosquitos adultos se realizó utilizando claves taxonómicas basadas en la morfología externa de los mosquitos (28-31) y mediante la comparación de los ejemplares con la colección de referencia asociada al LBV.

Análisis de composición de especies y diversidad

Los parámetros utilizados para hacer comparaciones entre las dos zonas y los distintos tipos de criaderos muestreados fueron: abundancia (número de individuos por especies), frecuencias

relativas (cantidad de individuos de determinada especie entre el número total de especímenes colectados), riqueza (número de especies), diversidad (índice de Shannon-Weiner) y similaridad (índice de Jaccard y el índice de Morisita-Horn). Para los índices utilizados el valor mínimo es 0 y el valor máximo es 1 (32).

RESULTADOS

En el Caserío Santa Lucía se colectaron un total de 421 ejemplares pertenecientes a 33 especies, de las cuales 16 representan especies que han sido reportadas como transmisoras de agentes infecciosos, ya sea de forma comprobada o potencial.

Determinación de la presencia de vectores de Fiebre amarilla y otras especies relacionadas

En la zona 1 se colectaron tres especies de Culicidae asociadas a la transmisión del agente causal de la FA, *Haemagogus celeste* (N=2), *Aedes aegypti*. (N=2), *Haemagogus janthinomys* (N=1). Mientras, que en la zona 2 se identificaron cuatro especies, *A. aegypti* (N=2), *Sabethes cyaneus* (N=1 adulto), *Sabethes aurescens* (N=2 en fase pupal) y *Sabethes undosus* (N=1 en fase pupal). Sin embargo, existen diferencias estacionales: las especies del género *Haemagogus*, *S. aurescens* y *S. undosus* se capturaron durante la temporada de lluvia, mientras que las especies *A. aegypti* y *S. cyaneus* en la temporada de sequía (**Figura 2**)

Estructura de la comunidad de insectos adultos de la familia Culicidae (Cuadro 1)

Muestreo diurno vs. muestreo nocturno

Durante el día se colectó mayor abundancia y riqueza de mosquitos, que en los muestreos nocturnos. El número de individuos fue siete veces mayor, mientras, el número de especies prácticamente duplica el muestreo nocturno. Este mismo patrón se repite al considerar únicamente las especies que han sido reportadas como vectores de patógenos, la abundancia es mayor 2,5 veces y el número de especies muestreadas es el doble numéricamente respecto a las horas nocturnas.

Fiebre amarilla, ¿brote selvático espurio?



Figura 2. Presencia y solapamiento espacial de vectores involucrados en el ciclo de transmisión de la FA

Durante el muestreo diurno se registró la ocurrencia de mosquitos de los géneros *Limatus*, *Wyeomyia* y *Aedes*, siendo *Aedes serratus* la especie vectora potencial más abundante, con cerca del 70% de las especies colectadas. Otro género de importancia médica y de ocurrencia diurna en la zona de muestreo fue *Psorophora*, en especial *Psorophora cyanescens* con ocurrencia y abundancia baja durante horas nocturnas. Mientras, que en el muestro nocturno y crepuscular se colectaron ejemplares de *Culex* (7 especies) y *Aedes serratus*, con un porcentaje de ocurrencia entre el 60 y 30%, respectivamente.

Muestreo en zona boscosa vs. muestreo en zona intervenida

En la colecta realizada en la zona boscosa, se determinó que la abundancia total de mosquitos es aproximadamente 12 veces mayor representada por 9 especies, mientras que la abundancia de mosquitos vectores (4 especies) es casi 7 veces respecto a la zona de mayor actividad antrópica.

Mosquitos de género *Limatus* son las especies dominantes durante el muestreo realizado en la zona boscosa, con una ocurrencia del 60%. La especie de importancia médica capturada con mayor abundancia en el bosque fue *A. serratus*, la cual representa cerca de un 18% del total de especies y aproximadamente un 70% entre las especies vectoras colectadas en la zona. En esta zona boscosa se colectaron ejemplares adultos de *A. aegypti*, los cuales representaron un 0,5% del total mosquitos capturados en zona boscosa y un 2% de los organismos de importancia médica.

En la zona intervenida las especies dominantes fueron *Limatus asulleptus* (diurna) y *Culex dolosus* (nocturna) representando alrededor de un 16% cada una. Las especies de importancia médica dominantes fueron *A. aegypti*, *H. celeste*, *C. quinquefasciatus*, *C. corniger* y *P. cyanescens*, con un porcentaje de ocurrencia de 60% del total de vectores capturados para la zona. En contraste con lo observado en zona boscosa, la especie *A. serratus* se encuentra ausente en la zona intervenida.

Cuadro 1
Presencia de especies de mosquitos de la familia Culicidae colectados en
muestras diferenciados espacial-temporalmente

Especies	Día	Noche	Lluvia	Sequía	Bosque	Intervenida
<i>Limatus asulleptus</i> ^{1,3,5}	177	0	47	130	172	5
<i>L.durhami</i> ^{1,3,5}	49	0	31	18	47	2
<i>Aedes serratus</i> ^{1,2,5,6,7}	54	14	45	23	67	1
<i>A.aegypti</i> ^{*5,7}	4	0	0	4	2	2
<i>A.terrens</i> ⁵	1	0	0	1	1	0
<i>A.whitmorei</i> ⁵	1	0	0	1	1	0
<i>Haemagogus janthinomys</i> ^{*3}	1	0	1	0	0	1
<i>H.celeste</i> ^{*3}	2	0	2	0	0	2
<i>Sabethes cyaneus</i> ^{*5}	1	0	0	1	1	0
<i>Wyeomyia circumcincta</i> ^{1,3,5}	27	0	24	3	27	0
<i>W.moerbista</i> ¹	6	0	6	0	6	0
<i>W.celaencephala</i> ¹	1	0	1	0	1	0
<i>Psorophora cyanescens</i> ^{4,5,7}	5	1	1	5	4	2
<i>P.ferox</i> ^{1,5}	2	0	1	1	2	0
<i>P.saeva</i> ^{3,5}	8	0	2	6	6	2
<i>P.cilipes</i> ¹	1	0	1	0	1	0
<i>P.cingulata</i> ¹	1	0	1	0	1	0
<i>Culex quinquefasciatus</i> ^{2,4,6}	0	5	3	2	3	2
<i>C.nigripalpus</i> ²	0	2	2	0	2	0
<i>C.inflictus</i> ⁴	1	2	3	0	2	1
<i>C.peus</i> ²	0	2	2	0	2	0
<i>C.brevispinosus</i> ^{2,6}	0	2	1	1	2	0
<i>C.corniger</i> ^{2,4}	0	7	7	0	5	2
<i>C.dolosus</i> ^{2,4}	0	8	8	0	3	5
<i>Mansonia amazonensis</i> ⁴	0	2	2	0	0	2
<i>Anopheles apicimacula</i> ⁴	0	1	0	1	0	1
<i>Johnbelkinia longipes</i> ^{1,3,5}	5	0	4	1	4	1
<i>J.leucopus</i> ⁵	3	0	0	3	3	0
Total	350	46	195	201	365	31
Riqueza	20	11	22	16	24	15
Total vectores	78	31	69	40	96	13
Riqueza vectores	10	6	11	8	12	8

1 Diurna-Boscosa-Lluvia; 2 Nocturna-Boscosa-Lluvia; 3 Diurna-Intervenida-Lluvia; 4 Nocturna-Intervenida-Lluvia; 5 Diurna-Boscosa-Sequía; 6 Nocturna-Boscosa-Sequía; 7 Diurna-Intervenida-Sequía. (*) Mosquitos involucrados en el ciclo de la FA. En negrillas: Mosquitos reportados como vectores comprobados o potenciales

Muestreo en temporada lluviosa vs. muestreo en temporada de sequía

Se registró una mayor abundancia y riqueza de especies en la colecta llevada a cabo durante la temporada de lluvia. Con respecto a la abundancia de los mosquitos de importancia médica, en los muestreos llevados a cabo durante la temporada lluviosa se colectaron aproximadamente 1,7 veces más lo capturado en temporada de sequía, a pesar de colectar 3 especies vectoras menos. En ambas colectas (lluvia-sequía) las especies dominantes fueron *L. asulleptus*, *L. durhami* y *A. serratus*. (Cuadro 1)

Índice de diversidad

En la **Figura 3** se muestran los valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener calculados considerando únicamente las especies de mosquitos de importancia en salud pública, para cada una de los 8 condiciones de muestreo diferenciadas temporal y espacialmente. Los resultados evidencian mayor diversidad en la zona boscosa en horas nocturnas-temporada de lluvia y horas diurnas-sequía, en ambas el índice calculado fue cercano a 0,65.

Índices de similaridad

En el **Cuadro 2** se muestran los índices de similaridad de Jaccard y Morista-Horn obtenidos al contrastar la composición de especies y sus abundancias relativas en cada una de los 8 condiciones de muestreo diferenciadas temporal y espacialmente. Ninguno de los valores de Jaccard es igual o superior a 0,5 lo que indica baja similaridad en cuanto a composición de especies de mosquitos vectores.

Un patrón diferente muestra el índice de Morisita-Horn, el cual considera la abundancia relativa de las especies comunes entre dos localidades. Con excepción, en aquellas condiciones que no compartían especies en común (índice de Jaccard igual 0), los valores del índice de Morisita-Horn son mayores o cercanos a 0,5 para todas las comparaciones, lo que es indicativo

Fiebre amarilla, ¿brote selvático espurio?

de la existencia de superposición de nicho de las especies comunes entre las localidades.

Tipos de criaderos y colecta de pre-adultos

Tres tipos de criaderos fueron registrados: recipientes artificiales, y dos naturales: huecos de árboles e internudos de bambús rotos. Los recipientes artificiales se encontraron dentro de la zona intervenida y en los límites de ésta con la zona boscosa, en estos recipientes se identificó un total de 15 individuos pre-adultos pertenecientes a 3 especies *Limatus durhami* (N=10), *C. dolosus* (N=3) y *C. corniger* (N=2), está última señalada como especie vectora.

En los huecos de árboles, se colectó un total de 12 individuos pertenecientes a 5 especies, ninguna de ellas relacionadas con la transmisión de patógenos. La colecta en este tipo de criadero estuvo representada por *L. durhami* (N=6), *Limatus asulleptus* (N=3), *Aedes iolita* (N=1) y *Toxorhynchites guadeloupensis* (N=1). En internudos de bambús rotos se muestreó un total de 4 individuos de 3 especies, todas ellas de importancia médica: *C. quiquefasciatus* (N=1), *S. aurences* (N=2) y *S. undosus* (N=1). No se observó ninguna especie de importancia médica ocupando más de un tipo de criadero.

Antropofilia

En la **Figura 4** se muestran las frecuencias relativas de los mosquitos de importancia médica colectados utilizando cebo humano. Cerca del 40% de los individuos capturados pertenecen a la especie *A. serratus*, 15% a *P. cyanescens* y 12% a *A. aegypti*. Las especies *H. celeste* (6%), *H. janthinomys* (4%) y *S. cyaneus* (4%), si bien aparecen en porcentajes bajos, todos los ejemplares fueron colectados a través de esta técnica, lo que indica alto grado de antropofilia.

DISCUSIÓN

Un total de 16 de las 33 especies colectadas han sido reportadas como transmisoras de agentes infecciosos, ya sea de forma comprobada o

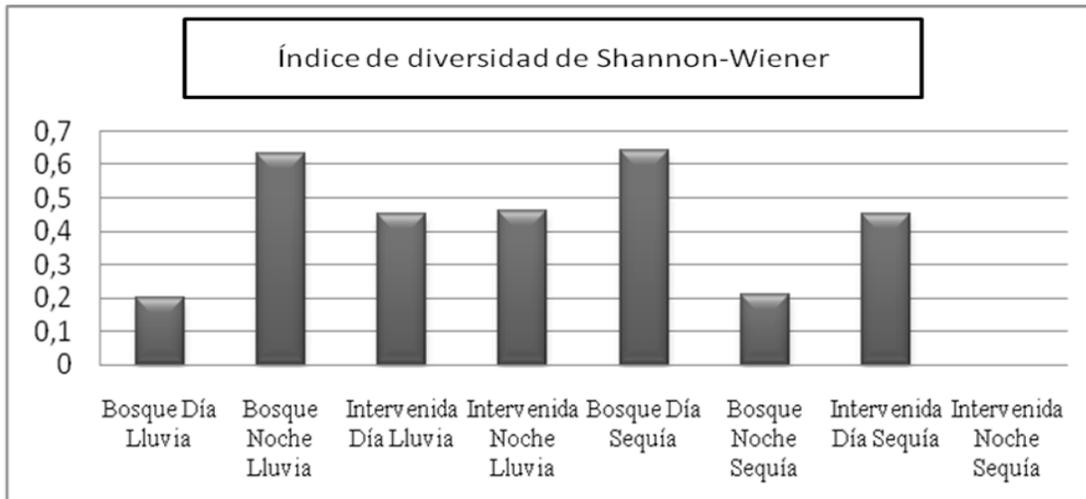


Figura 3. Índices de diversidad de mosquitos vectores por localidad.

Cuadro 2
Índices de similaridad de Jaccard y Morisita-Horn entre las diferentes zonas de muestreo diferenciadas espacial y temporalmente. Vectores

Morisita-Horn \ Jaccard	BDLL	BNLL	IDLL	INLL	BDS	BNS	IDS	INS
BDLL	1	0,658	0,498	0	0,871	0,996	0,521	0
BNLL	0,091	1	0	0,735	0,909	0,700	0,461	0
IDLL	0,167	0	1	0	0,312	0	0	0
INLL	0	0,333	0	1	0,976	0,753	0,897	0
BDS	0,375	0,091	0,111	0,111	1	0,905	0,620	0
BNS	0,200	0,400	0	0,250	0,125	1	0,559	0
IDS	0,167	0,143	0	0,200	0,429	0,250	1	0
INS	0	0	0	0	0	0	0	0

BDLL: Bosque día lluvia, BNLL: Bosque noche lluvia, IDLL: intervenida día lluvia, INLL: intervenida noche lluvia, BDS: bosque sequía día, BNS: bosque noche sequía, IDS: intervenida día sequía, INS: intervenida noche sequía. Cada recuadro corresponde a la comparación de similaridad realizada, en cada caso las localidades que se contrastan se identifican observando la fila y la columna. El valor superior de cada recuadro corresponde al índice de Morisita-Horn, mientras que el inferior al índice de Jaccard. El recuadro negro indica que en la localidad INS no se colectaron especies de importancia médica.

Fiebre amarilla, ¿brote selvático espurio?

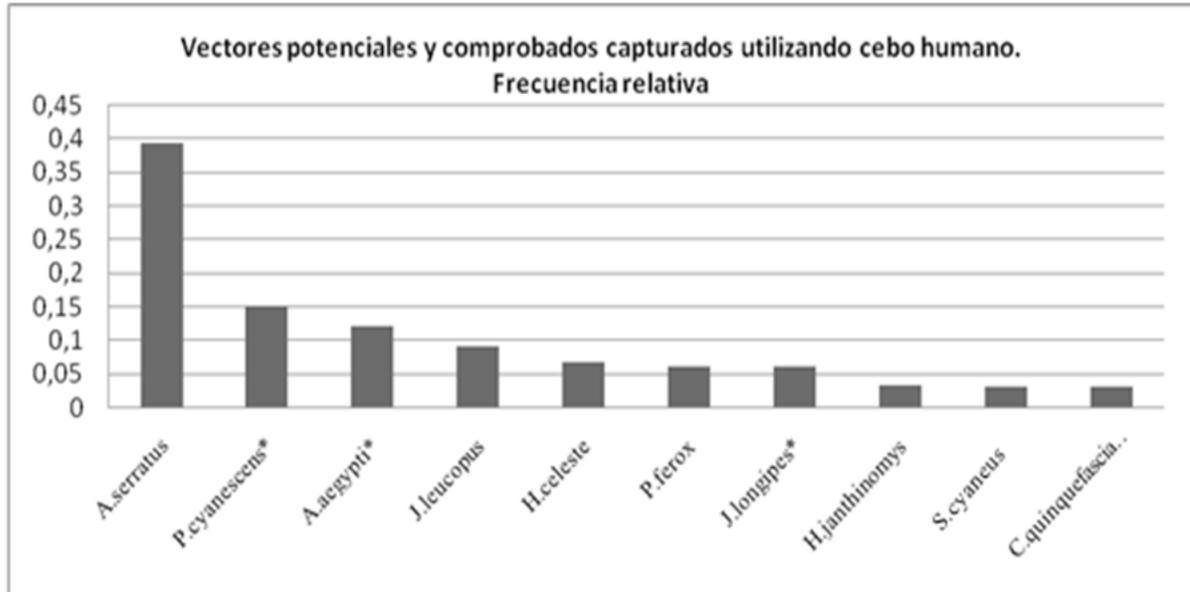


Figura 4. Frecuencias relativas de los mosquitos de importancia médica atraídos mediante el empleo de cebo humano.

potencial. No obstante la abundancia absoluta representa un parámetro importante para evaluar riesgo epidemiológico, debido a que en un foco determinado la transmisión es efectiva cuando los niveles de abundancia de mosquitos supera ciertos niveles críticos (33-35), nos enfocamos en evaluar de manera rápida la entomofauna asociada a la localidad de interés. Por tanto, se consideró que la simple ocurrencia de una especie constituye un factor potencial de riesgo epidemiológico, y que ante variaciones favorables para las poblaciones de vectores, éstos puede incrementar sus densidades, y así la probabilidad de contacto vector-hospedador.

En la zona intervenida y en el nivel de suelo se colectaron especies pertenecientes a los géneros *Haemagogus* y *Sabethes*. *H. janthinomys* es un vector confirmado del virus de FA, mientras que especies de *Sabethes* son considerados como vectores secundarios (14,36). Estas especies se caracterizan por poseer un hábitat principalmente selvático y una distribución vertical favorable a la zona arbórea cercana al dosel de los árboles (14,16,37-40). Los adultos fueron colectados en su totalidad a través del empleo de cebo hu-

mano, lo que indica la existencia de un grado alto de antropofilia, y determinante en el contacto vector-humano y la transmisión de patógenos. La presencia de estas especies alimentándose sobre humanos en las cercanías de las viviendas y del camino principal, aún en época de larga sequía donde se espera muy baja densidad de estos insectos, revela que en la zona intervenida incrementa la posibilidad de transmisión de FA en el poblado de Santa Lucía sin el evento de internarse en el área boscosa ni la presencia de un período lluvioso, pero con la condición de una actividad diurna. Adicionalmente, con el incremento de la abundancia poblacional en el período de lluvia, se esperaría una mayor probabilidad de contacto (41).

A. aegypti fue colectada tanto en zona intervenida como en zona boscosa. Su presencia, como especie altamente antropofílica y urbana en el área boscosa se atribuye a la presencia de gran cantidad de recipientes artificiales de diferentes tipos que fueron observados en los patios de las viviendas, los cuales se reconocen ampliamente como criaderos de esta especie (7,42), sugiriendo a su vez la evidente introducción desde zonas netamente urbanas. No obstante, no se hallaron

criaderos larvales positivos para esta especie, lo que se atribuye a la falta de pluviosidad que caracterizó a la localidad y al país durante todo el año 2009, cuando se realizó el muestreo. Sin embargo, es reconocida la capacidad de los huevos de resistir a la desecación por hasta seis meses (43), pudiendo permanecer adultos en actividad en época de sequía y con criaderos secos, por lo que se esperaría que con la llegada del período de lluvia tradicional se incremente la abundancia de este vector. El caserío presenta un sistema de mangueras o tubos plásticos que surten del agua a las viviendas de manera eficiente a partir de una fuente natural, por lo que los envases de almacenamiento de agua son escasos, mientras que los recipientes de desecho deben ser importantes en épocas de lluvia. La presencia de *A. aegypti* en un foco de FA constituye un factor de riesgo importante, pues hace posible la circulación del virus en un ciclo que involucre el ambiente domiciliario (7,14,42).

Especial interés epidemiológico tiene el solapamiento espacial encontrado entre mosquitos *Haemagogus*, *Sabethes* y *A. aegypti* en las zonas boscosa e intervenida. Si bien no se observó solapamiento temporal entre *Aedes* y *Haemagogus*, es muy factible que ocurra en temporadas de altas precipitaciones. Esta situación no permite inferir con certeza el posible vector involucrado en el brote 2005-06 y ante un eventual brote en la localidad, evaluando únicamente el lugar de ocurrencia de los casos y hábitos de movilidad de las personas afectadas dentro de la localidad.

La identificación de los vectores que intervienen en la transmisión es vital para cortar efectivamente la transmisión del virus, debido a que medidas destinadas a atacar la población inmadura del mosquito *A. aegypti*, que se desarrolla principalmente en recipientes artificiales y en las cercanías a las viviendas humanas, no tendrá efecto alguno sobre la población de *Haemagogus* y *Sabethes*, cuyo nicho es selvático y viceversa (12,16,42). Ante este panorama, existe igual probabilidad de que el brote ocurrido en la

localidad entre los años 2005-2006 se haya debido a la transmisión por parte de las especies selváticas, por una especie urbana como *A. aegypti* o por ambos tipos de vectores. Este resultado evidencia que bajos estos tres escenarios posibles durante la misma época del año, se pierde el "límite" entre los clásicos ciclos selváticos y urbanos con segregación de nicho entre hospedadores vertebrados y vectores producto del avance de la población humana hacia áreas rurales/enzoóticas. Adicionalmente, la entrada en el continente y posible avance de *A. albopictus* (Skuse) un vector que tiende a ocupar zonas de gran vegetación en áreas urbanas sea un punto adicional a considerar en los ciclos de muchos patógenos que estas especies puede transmitir, entre ellos el virus de la fiebre amarilla (44,45).

La campaña de vacunación *a posteriori* del brote, disminuye la probabilidad actual de un efecto entre la población humana, por lo que la posibilidad de emergencia de casos nuevos de fiebre amarilla es baja en el corto plazo. No obstante, el crecimiento de población susceptible, producto de migraciones y nacimientos, y el factor de que en las cercanías a la localidad se encuentra un balneario que recibe visitantes de las localidades aledañas, debe ser considerado a futuro, siendo importante las campañas de eliminación de criaderos de *A. aegypti*, investigación en procura de aislar el virus en las especies de *Haemagogus* y *Sabethes* colectadas en la localidad y verificación de actividad enzoótica, y el desarrollo de una vigilancia estricta sobre las densidades de estas especies y mantenimiento de las campañas de vacunación en la zona. Esto disminuiría la probabilidad nuevos brotes epidémicos.

La composición de las poblaciones de mosquitos vectores se muestran heterogéneas y diferenciadas temporal y espacialmente. Esto se evidencia en la disparidad encontrada con los índices de diversidad de Shannon-Wiener, calculados por cada punto, y la poca similaridad expresada en los índices de Jaccard. Son escasas las especies vectoras comunes entre las diferentes

localidades, sin embargo, estas por lo general, representan especies dominantes en más de un sitio, lo que se manifiesta en los altos valores de los índices de Morisita-Horn, parámetro que considera frecuencia relativa de las especies compartidas. En este sentido observamos que, *A. serratus*, la especie más abundante en el muestreo, se presenta casi exclusivamente en la zona boscosa, sin embargo, por su hábito diurno y crepuscular, fue una de las especies más abundantes en varias localidades (46,47).

El muestreo nocturno se caracterizó por presentar una importante riqueza de mosquitos del género *Culex*, coincidiendo con su ciclo circadiano (16). *C. quinquefasciatus* y *C. corniger* representan los mosquitos vectores dominantes en zona boscosa y zona intervenida en horas nocturnas. Es de gran importancia realizar estudios que busquen determinar la ocurrencia o no de estas especies en las viviendas en temporada de lluvia, ya que ambas especies, junto con *A. aegypti* son especies urbanas y periurbanas con alta actividad antropofílica y han sido colectados en el interior de viviendas en varios estudios (21,42,47). La presencia de estas especies características de ambientes urbanos indica claramente el grado de intervención humana en una localidad lejana de la ciudad mas cercana, promoviendo así un “nexo epidemiológico” de posibles enfermedades de origen selvático con aquellas de características urbanas.

En el período diurno y en el bosque se encontraron la mayor abundancia y riqueza de especies, tales como *A. serratus*, *A. aegypti*, *P. cyanescens*, *P. ferox*, *Johnbelkinia leucopus* (Dyar & Knab), y *S. cyaneus*. Esta actividad coincide con el hábito de muchos trabajadores agrícolas y ganaderos del poblado de Santa Lucía, los cuales se internan diariamente en la zona boscosa para cumplir con sus jornadas laborales. Este hecho implica un importante riesgo epidemiológico para la población humana, pues incrementa la probabilidad de contacto entre vector-humano (41). Siendo estas especies señaladas como vectores potenciales de los virus de Encefalitis Equina Venezolana, Mayaro, Rocio,

Fiebre amarilla, ¿brote selvático espurio?

West Nile y otros virus es importante la realización de estudios de prevalencia de arbovirus en la zona (36,38,47,48).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo representa parte del Trabajo Especial de Grado del Lic en Biología de MM-R (USB). A Jonathan Liria (FACYT, Univ Carabobo) por el apoyo en la logística de muestreo en campo, Gabriela Rangel, Adriana Zorrilla y Nelson Moncada (LBV-UCV) por su colaboración en los muestreos y procesamiento en laboratorio. A la población de Santa Lucía por su hospitalidad. Financiamiento: Proyecto Misión Ciencia, FONACIT-MCT 2008000911-4 (JCN); Invensys Systems Latin America Corporation (LOCTI 2007–2009).

REFERENCIAS

1. **Irwin P, Jefferies R.** Arthropod-transmitted diseases of companion animals in Southeast Asia. *Trends Parasitol* 2004; 20: 27-34.
2. **Harrus S, Baneth G.** Drivers for the emergence and re-emergence of vector-borne protozoal and bacterial diseases. *Int J Parasitol* 2005; 35: 1309-318.
3. **Chomel B, Belotto A, Meslin, F.** Wildlife, Exotic Pets, and Emerging Zoonoses. *Emerg Infect Dis* 2007; 13: 6-13.
4. **Gracia M, Calvete C, Estrada R, Castillo J, Peribáñez M, Lucientes J.** Fleas parasitizing domestic dogs in Spain. *Vet Parasitol* 2008; 151: 312-19.
5. **Otranto D, Stevens J, Cantacessi C, Gasser R.** Parasite transmission by insects: a females affair? *Trends Parasitol* 2008; 24: 116-20.
6. **Wei H, Li X, Martcheva M.** An epidemic model of a vector-borne disease with direct transmission and time delay. *J Math Anal Appl* 2008; 342: 895-908.
7. **Machado-Allison C E.** Ecología de los Mosquitos (Culicidae) III. Adultos. *Acta Biológica Venezuela*. Caracas; 1982; 11: 133-237.
8. **OMS.** Lucha Biológica Contra los Vectores de Enfermedades; 1982. p.68.
9. **OMS.** Lucha Antivectorial Integrada; 1983.p. 84.
10. **OMS.** Fiebres Hemorrágicas Víricas; 1985.p.132.
11. **Da Costa, P.** Febre Amarela. *Rev Soc Bras Med Trop* 2003; 36: 275-93.
12. **Suárez A.** Fiebre Amarilla repunta de nuevo en Venezuela. *VITAE* 2003 [citado 2009 Junio 17]. Disponible en: <http://caibco.ucv.ve>.
13. **Plaz J, Martínez C, Rodríguez N.** Fiebre Amarilla. Ministerio para el Poder Popular para la Salud 2004 [citado 2008 diciembre 20]. Disponible en: www.msds.gov.ve.
14. **Barret A, Higgs S.** Yellow Fever: A Disease that Has Yet to Be Conquered. *Annu Rev Entomol* 2006; 52:

- 109-29.
15. **De Castro Gomes A, Nascimento M, Ferri L, Rocha F, Martins A.** Encontro de *Haemagogus (Conopostegus) leucocelaenus* (Diptera: Culicidae), no Município de Porto Alegre Estado do Rio Grande do Sul. *Rev Soc Bras Med Trop* 2007; 4: 487-88.
 16. **Walter Reed Biosystematic Unit.** [citado 2010 enero]. Disponible en: <http://www.wrbu.org/index.html>.
 17. **Secundino N, Nacif-Pimenta R, Hajmova M, Volf P, Pimenta, P.** Midgut muscle network in *Lutzomyia longipalpis* and *Phlebotomus duboscqui* sand flies: spatial organization and structural modification after blood meal. *Arthropod Struct Dev* 2005; 34: 167-78.
 18. **Schaub G.** Parasitogenic alterations of vector behaviour. *Int J Med Microbiol* 2006; 1: 37-40.
 19. **Monath T, Centron M.** Prevention of Yellow Fever in Persons Traveling to the Tropics. *Clin Infect Dis* 2002 ; 34: 1369-78.
 20. **Valero N.** A propósito de la Fiebre Amarilla en Venezuela. *Invest. Clín* 2003; 44: 269-71.
 21. **Mourya D, Yadav P.** Vector Biology of Dengue and Chikungunya Viruses. *Indian J Med* 2006; 124: 475-80.
 22. **Morrison A, Zielinski-Gutierrez E, Scott T, Rosenberg R.** Defining Challenges and Proposing Solutions for Control of the Virus *Aedes aegypti*. *PLoS Med* 2008; 5: 362-66.
 23. **Lairet F.** La situación de la Fiebre Amarilla en Venezuela. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social 1945 [citado 2008 diciembre 22]. Disponible en: <http://hist.library.paho.org/Spanish/BOL/v24n9p779.pdf>
 24. **Coordinación de Enfermedades Febriles Ictéricas.** Situación de Epidemiológica de la Fiebre Amarilla 2002-2005. Ministerio de Salud y Desarrollo Social 2005 [citado 2008 diciembre 22]. Disponible en http://www.msds.gov.ve/Boletines/SITUACION_FA_VENEZUELA_ACTUALIZADO.pdf
 25. **OMS.** Lucha Contra Vectores y Plagas Urbanas; 1988. p.88.
 26. **Caraballo V, Arrivillaga J.** Medicina de la conservación. *Rev Biomédica* 2009; 20: 55-67.
 27. **Ministerio del Poder Popular para las Ciencias.** Gobierno en línea 2010 [citado 2010 octubre 26] . Disponible en: Portuguesa http://www.gobiernoenlinea.ve/venezuela/perfil_portuguesa.html
 28. **Chaverri L.** Clave fotográfica para hembras de zancudo (Diptera: Culicidae) presentes en Centroamérica y Panamá. Instituto Nacional de Biodiversidad 2004 [citado 2009 agosto-diciembre]. Disponible en: http://www.inbio.ac.cr/EN/papers/culicidae_hembra/clave.htm
 29. **Clark-Gill S, Darsie R.** The mosquitoes of Guatemala, their identification, distribution and bionomics. *Mosquito Systematics* 1983; 15: 151-284.
 30. **Cova-García P, Sutil E, Rausseo J.** Mosquitos de Venezuela (Tomo I). Caracas: Publicaciones del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social; 1966.pp.410.
 31. **Liria J, Navarro J.** Clave fotográfica para hembras de *Haemagogus* Williston 1896 (Diptera: Culicidae) de Venezuela, con nuevo registro para el país. *Bol.Mal. Salud Amb* 2009; 49: 283-92.
 32. **Moreno C.** Métodos para medir la biodiversidad. *M&T SEA* 2001;1:1-83.
 33. **Basáñez M, Rodríguez D.** Dinámica de transmisión y modelos Matemáticos en enfermedades transmitidas por vectores. *Entomotropica* 2004; 19: 113-34.
 34. **Savage H, Aggarwal D, Apperson C, Katholi R, Gordon E, Hassan H, et al.** Host Choice and West Nile Virus Infection Rates in Blood-Fed Mosquitoes, Including Members of the *Culex pipiens* Complex, from Memphis and Shelby County, Tennessee, 2002-2003. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2007; 7: 365-86.
 35. **Edman, J.** Fitness advantages in Multiple blood-feeding: the *Aedes aegypti* example. Department of Entomology, University of California 2003 [citado 2010 enero]. Disponible en: http://library.wur.nl/frontis/malaria/06_edman.pdf.
 36. **Moraes, L.** Emergent arboviruses in Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop* 2007; 40: 224-9.
 37. **Talarmin A, Chandler L, Kazanji M, Thoisy B, Debon P, Lelarge J, et al.** Mayaro virus fever in French Guiana: isolation, identification, and seroprevalence. *Am.J.Trop.Med.Hyg* 1998; 59: 452-6.
 38. **Thoisy B, Gardon J, Salas R, Morvan J, Kazanji M.** Mayaro Virus in Wild Mammals, French Guiana. *Emerg Infect Dis* 2003; 9: 1326-29.
 39. **Navarro JC, Machado-Allison CE.** Aspectos Ecológicos de *Sabethes chloropterus* (Diptera: Culicidae) en un Bosque Húmedo del Edo. Miranda, Venezuela. *Bol. Ent. Venez.N.S* 1995; 10: 55-67.
 40. **Trapido H, Galindo P.** Mosquitoes Associated with Yellow Fever Near Almirante, Panama. *Am J Trop Hyg* 1957; 6: 114-44.
 41. **Kelly D, Thompson C.** Epidemiology and optimal foraging: modeling the ideal free distribution of insect vectors. *Parasitology* 1999; 120: 319-27.
 42. **Aguilera L, González M, Marquetti M, Capín J, Fustes C.** Incidencia de *Aedes (S) aegypti* y otros culícidos en el Municipio Playa, Ciudad de La Habana .*Rev Cubana Med Trop* 2000; 52: 174-89.
 43. **Christopher D.** Competition amongst larval *Aedes aegypti*: the role of interference. *Ecological Entomology* 1984; 9: 355-57.
 44. **Gratz, NG.** Critical review of the vector status of *Aedes albopictus*. *Med Vet Entomol* 2004; 18: 215-27.
 45. **Navarro JC, Zorrilla A, Moncada N.** Primer registro

Fiebre amarilla, ¿brote selvático espurio?

- de *Aedes albopictus* (Skuse) en Venezuela. Importancia como vector de Dengue y acciones a desarrollar. Bol Malariol San Ambiental 2009; 49: 161-66.
46. **Roberts D, Peyton E, Pinheiro F, Balderrama F, Vargas R.** Asociación de Vectores de arbovirus con Galerías Arbóreas y el medio doméstico en el sureste de Bolivia. Bol. Of Sanit Panam 1985; 5: 417-28.
47. **Consoli R, Lourenco R.** Principais Mosquitos de Importancia Sanitaria No Brasil. Rio de Janeiro: Editorial Fiocruz; 1994.p. 225.
48. **Díaz L, Almirón W, Luedueña F, Spinsanti L.** Vigilancia del Virus Encefalitis de San Luis y Mosquitos (Diptera: Culicidae) en la Provincia de Córdoba, Argentina. Entomol.Vectores 2003; 10 : 551-56.