

Fluctuación poblacional y hábitat larval de anofelinos en el municipio Sifontes, estado Bolívar, Venezuela

Population fluctuation and larval habitat of anopheline in the Municipality of Sifontes, Bolivar State, Venezuela

Jorge E. Moreno^{1*}, Yasmin Rubio-Palis^{2,3}, Víctor Sánchez² & Ángela Martínez⁴

RESUMEN

El Municipio Sifontes, ubicado en el noreste del estado Bolívar, Venezuela, constituye uno de los principales focos de malaria del país debido a causas naturales y antrópicas. Durante el decenio 2004-2013, se registró en este municipio un aumento considerable del número de casos, cerrando 2013 con 42.981 casos, 56% de la malaria del país. Con el objeto de describir la dinámica poblacional de las principales especies de anofelinos, en fase pre-adulta, entre septiembre 2002 y diciembre 2003, se hicieron colectas mensuales en cuerpos de agua representativos de los diferentes tipos existentes en el municipio. *Anopheles triannulatus* Neiva & Pinto *sensu lato* fue la especie más abundante y ubicada en toda el área de estudio, seguida de *An. albitarsis* Lynch Arribalzaga s.l., mientras que *An. darlingi* Root fue encontrada principalmente en lagunas y ríos. La variabilidad estacional en la abundancia larval estuvo condicionada principalmente por la especie de anofelino y el tipo de hábitat que ésta coloniza, de tal forma que el efecto de la lluvia sobre la abundancia de las especies depende de la dinámica hídrica del hábitat larval, si bien en general, la abundancia de larvas tiende a ser mayor durante el periodo de transición lluvia-sequía y sequía. Los resultados de este estudio contribuyen a dilucidar la relación de la dinámica poblacional de los anofelinos con el patrón de lluvias en la región estudiada.

Palabras clave: Hábitats larvales de anofelinos, *Anopheles triannulatus*, *Anopheles albitarsis*, *Anopheles darlingi*, Venezuela.

SUMMARY

Sifontes Municipality in the north-east of Bolivar State is one of the main malaria foci in Venezuela due to both natural and anthropic factors. Between 2004 and 2013 a significant increase in the number of cases were reported for this region: at the close of 2013, 42.981 cases had been registered representing 56% of the total number of cases reported in the country. Between September 2002 and December 2003 anopheline larvae were collected monthly to study population fluctuations in different habitats representative of the study area. Anopheles triannulatus Neiva & Pinto sensu lato was the most abundant species collected followed by An. albitarsis Lynch Arribalzaga s.l., while An. darlingi Root was mainly found in lagoons and rivers. Seasonal variations in larval abundance were mainly determined by anopheline species and the type of larval habitat exploited by each one. Anopheline species are thus differentially influenced by rainfall according to the water dynamics of their larval habitats, but in general abundance is higher during the transitions between rainfall-drought and the dry season. These results help us to understand the relationships between anopheline population dynamics and rainfall patterns in this region. In addition, they contribute to our basic knowledge of the bio-ecology of anopheline vectors important for the epidemiology, surveillance and control of malaria in Sifontes Municipality.

Key words: *Anopheline larval habitats, Anopheles triannulatus, Anopheles albitarsis, Anopheles darlingi, Venezuela.*

INTRODUCCIÓN

La malaria es de naturaleza endemo-epidémica en el estado Bolívar, los brotes epidémicos

son frecuentes debido a causas naturales y antrópicas. El municipio Sifontes, ubicado en el noreste del estado, es considerado uno de los principales focos de malaria en Venezuela. Durante el decenio 2004-2013,

¹ Centro de Investigaciones de Campo "Dr. Francesco Vitanza", Tumeremo, estado Bolívar, Venezuela. Servicio Autónomo Instituto de Altos Estudios "Dr. Arnoldo Gabaldon", MPPS.

² Centro de Estudios de Enfermedades Endémicas y de Salud Ambiental. Servicio Autónomo Instituto de Altos Estudios "Dr. Arnoldo Gabaldon", Maracay, estado Aragua, Venezuela.

³ Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad de Carabobo, Maracay, estado Aragua, Venezuela.

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

*Autor de correspondencia: jorermo@gmail.com

se registró en este municipio un aumento considerable de los casos con una fuerte tendencia al incremento y con cifras record de malaria en los últimos dos años, cerrando 2013 con 42.981 casos, representando esto 65% de la malaria del estado y 56% de Venezuela (DGSA, 2013).

En el municipio Sifontes se han llevado a cabo algunos estudios de ecología de larvas de anofelinos. Uno de ellos fue el de Berti *et al.* (1998), quienes en un inventario preliminar reportaron 10 especies de *Anopheles* Meigen, entre las cuales destaca *Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi* Root considerado el vector principal de malaria en la región. A partir de 1998, se han venido realizando una serie de trabajos de investigación en esta área que han permitido recopilar datos acerca de la identidad, biología y ecología de las especies de *Anopheles* presentes en el área, tanto de formas inmaduras como de adultos. Moreno *et al.* (2000) en un estudio de identificación de hábitats acuáticos de anofelinos, reportaron la presencia en el área de 12 especies de *Anopheles*, estando entre las especies más abundantes, en orden decreciente, *An. (Nys.) triannulatus* Neiva & Pinto *sensu lato*, *An. (Nys.) albitarsis* Lynch Arribalzaga *s.l.* (= *An. marajoara* Galvão & Damasceno) y *An. darlingi*, correspondiendo a la primera especie 68% de los especímenes colectados. Posteriormente se anexaron *An. (Anopheles) costai* (Fonseca & Ramos) y *An. (Nys.) nuneztovari* Gabaldon *s.l.* a la lista de especies presentes en el área (Moreno & Rubio-Palis, 2003; Moreno *et al.*, 2004). Asimismo, Moreno *et al.* (2000) describieron los principales tipos de hábitats acuáticos de anofelinos en la zona, concluyendo que las lagunas y charcas producidas por la actividad minera constituyen los principales hábitats para *An. albitarsis s.l.* (= *An. marajoara*) y *An. darlingi*, especies involucradas en la transmisión de malaria (Moreno *et al.*, 2009).

Los estudios longitudinales de poblaciones de anofelinos en esta área son muy pocos, el que más se acerca a esta definición es el de Berti *et al.* (2008), quienes determinaron el patrón de fluctuación poblacional mensual de larvas de *An. darlingi* en la zona, encontrando que si bien la especie estaba presente durante todo el año, era más abundante durante los meses de menor pluviosidad. De la misma manera, durante la sequía, el estancamiento de los ríos produce charcas cubiertas de vegetación que constituyen excelentes hábitats para las especies

de anofelinos (Moreno *et al.*, 2000). No obstante, si bien estas observaciones son un indicio importante de la dinámica estacional de los mosquitos, la relación de la abundancia de las larvas anofelinos con las variables climáticas y ambientales, particularmente la lluvia, debe ser estudiada más detalladamente. En este trabajo se presentan resultados relacionados con la distribución estacional de las larvas de anofelinos y su interacción con la lluvia y el nivel del río en el municipio Sifontes del estado Bolívar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Las colectas de anofelinos se realizaron en cuerpos de agua ubicados a lo largo de la carretera troncal 10 en el municipio Sifontes del estado Bolívar (Fig. 1), cuyo paisaje, ecología y demografía han sido previamente descritos (Moreno *et al.*, 2007; 2010; 2014).

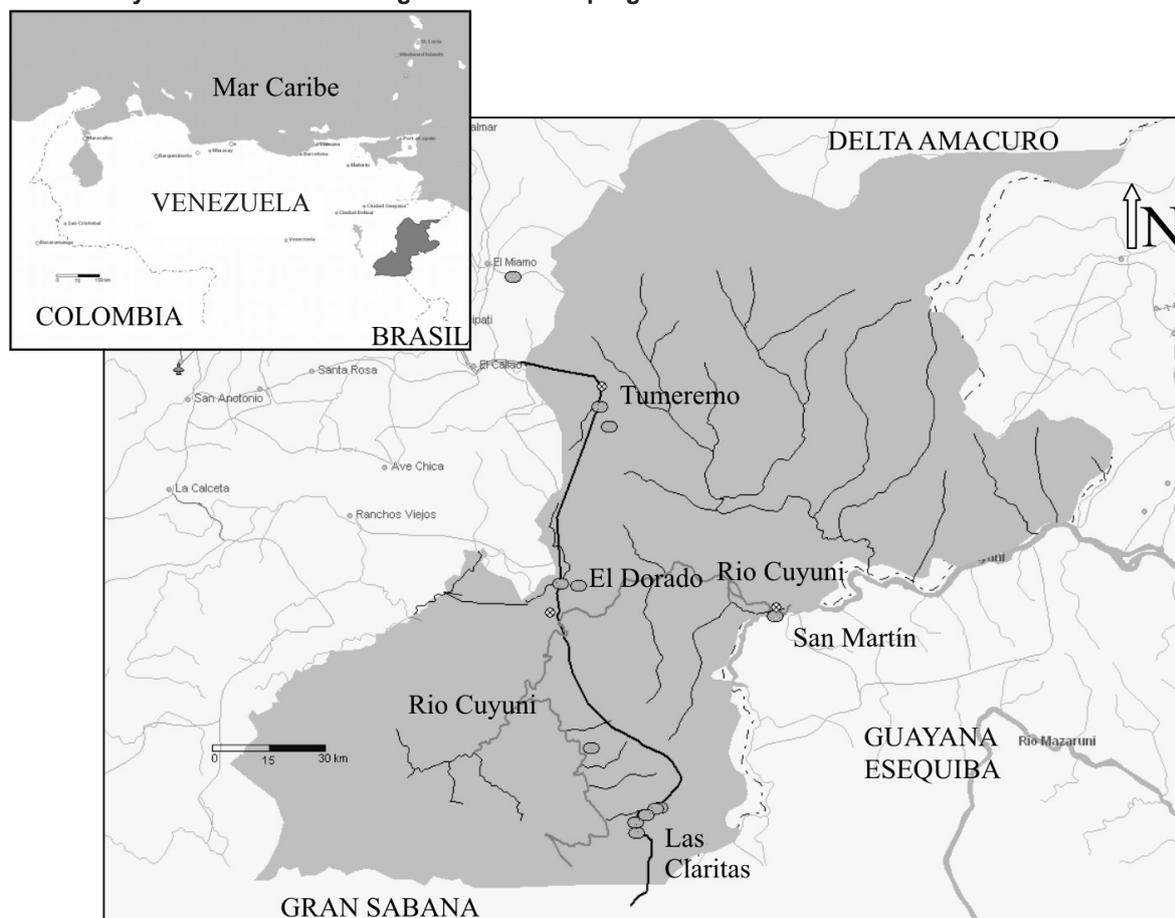
Datos de precipitación y nivel de río

Se tomaron los datos diarios de precipitación de la estación climatológica de la Fuerza Aérea Venezolana (FAV, 2002-2003) ubicada en Tumeremo (7°14'35"- 61°32'21") y los datos de precipitación y nivel del río Cuyuní de la estación del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables (MARNR, 2002-2003), actualmente Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, ubicada en Anacoco (6°42'55" - 61°05'39"). Para describir la precipitación en el Municipio se consideró el registro histórico de ambas estaciones para el período 1993-2003.

Muestreo de hábitats acuáticos de anofelinos

En el lapso comprendido entre septiembre 2002 y diciembre 2003 se realizaron colectas mensuales de larvas de anofelinos en 13 cuerpos de agua de seis tipos diferentes, representativos de todos los existentes en la zona. En cada hábitat larval se tomaron 30 cucharonzos con un cucharón de cono truncado de 1,5 L de capacidad. Debido a la presencia en el hábitat de más de una especie de anofelino, la identificación de los especímenes se realizó, mediante la observación *in vivo* de caracteres taxonómicos conspicuos en larvas de IV estadio, lo cual permitió distinguirlas entre sí con facilidad con la ayuda de claves taxonómicas (Faran & Linthicum,

Fig. 1. Ubicación relativa del municipio Sifontes en Venezuela en el recuadro superior y localización de los humedales muestreados durante el estudio señalado con óvalos. El polígono del municipio, ríos, carreteras y los humedales están graficados en el programa TrackMaker®.



1981; Navarro 1996), según la técnica previamente utilizada en el área de estudio (Moreno *et al.*, 2010; 2014). En caso de duda, dado que la técnica de observación *in vivo* permite la preservación viva del ejemplar, la larva se desarrolló para la obtención de la cría asociada y la confirmación de la especie, según la metodología descrita por Belkin *et al.* (1965).

En cada muestreo se registraron las variables ambientales más importantes tales como el grado de exposición solar del hábitat larval, su dinámica hídrica e hidroperíodo. De acuerdo a la exposición solar se categorizaron en hábitats totalmente sombreados, parcialmente sombreados o totalmente soleados. En cuanto a la dinámica hídrica se clasificaron en hábitats estancados, de corriente lenta y corriente rápida; según el hidroperíodo en permanentes, si contenían agua durante todo el año,

estacionales si solo conservaban agua durante la temporada de lluvias, y temporales si solo contenían agua durante pocos días (Grillet *et al.*, 2002). El color aparente del agua fue registrado visualmente como marrón, ámbar y cristalina. También se midieron algunas variables físico-químicas tales como pH, conductividad, temperatura y sólidos disueltos totales (SDT), utilizándose para ello un equipo portátil M-90 Checkmate™ de Corning Inc. Asimismo, se registró la presencia o no de vegetación en el cuerpo de agua, identificándose la vegetación acuática dominante a nivel de familia, género o hasta especie en algunos casos.

Análisis estadístico

Se realizaron análisis de correlación simple de Spearman de los datos mensuales (N= 16) de

la abundancia de cada especie de anofelinos y las variables ambientales, lluvia y nivel del río, para cada tipo de hábitat según su dinámica hídrica (estancado y con corriente). En el caso de datos ambientales faltantes, estos fueron estimados por el método del promedio simple (Guevara, 2003). Se utilizó el Programa SPSS 15.0 para Windows (SPSS Inc., 1989-2006).

Patrón temporal de la precipitación en el municipio Sifontes en el lapso 1993-2003

Durante el período 1993-2003 la estación Tumeremo registró un acumulado anual promedio de 1.276 mm de lluvia y la estación Anacoco 1.472 mm, mientras que la temperatura media mensual para el mismo periodo fluctuó entre 22 y 26°C (MARNR, 1993-2003). Ambas estaciones reportan lluvias durante todo el año, dentro de un régimen bimodal con una temporada lluviosa mayor entre mayo y septiembre, con el pico en junio, y una segunda temporada menor en noviembre y diciembre. Según el criterio de Guevara (2003), el municipio no presenta una temporada seca propiamente dicha, al estar el promedio mensual histórico siempre por encima de 60 mm; sin embargo, se puede considerar como temporada seca o menos lluviosa el lapso de enero a abril con una segunda sequía corta en octubre. Asimismo, la transición sequía-lluvia es prácticamente inexistente debido a que el mes de mayo tiene valores muy elevados de precipitación, mientras que la transición lluvia-sequía es más lenta y ocurre en los meses de agosto y septiembre. En el periodo de estudio, septiembre 2002-diciembre 2003, las lluvias irrumpieron abruptamente sin transición en mayo, estando la temporada lluviosa dentro del promedio histórico, mientras que los meses secos estuvieron por debajo de 60 mm, por lo cual se puede considerar que en ese lapso sí hubo una verdadera temporada seca, siendo octubre el más seco.

Descripción de los hábitats acuáticos

El área de estudio se caracteriza por presentar una gran cantidad y variedad de hábitats de anofelinos. Debido a la gran heterogeneidad de los hábitats acuáticos, éstos fueron agrupados en cinco tipos principales de acuerdo a características físicas y ecológicas que determinan la presencia y abundancia de las especies de anofelinos. Desde esta perspectiva, los hábitats de anofelinos están definidos

por la exposición a la luz solar y la dinámica hídrica, de donde se derivan otras características físicas y biológicas determinantes, tales como la vegetación acuática y la calidad del agua, cuyo principal indicador es el color aparente resultante de materiales disueltos y sólidos en suspensión (Hach Company, 1987). De acuerdo a ello se pueden describir cinco categorías de hábitats acuáticos principales: 1) hábitats a pleno sol en ambientes carentes de vegetación arbórea, agua color ámbar estancada y con abundante vegetación hidrófila herbácea, tales como lagunas y herbazales; 2) hábitats parcialmente a la sombra, generalmente ubicados cerca del bosque en áreas deforestadas, de agua estancada color ámbar o marrón con vegetación flotante y enraizada, como lagunas residuales de minería; 3) hábitats totalmente sombreados dentro del bosque de aguas ámbar estancadas, sin vegetación acuática y abundante detrito, tales como charcas, cubetas de decantación y napas de desborde; 4) hábitats totalmente sombreados dentro del bosque, con corriente leve a moderada de aguas ámbar o cristalinas, sin vegetación acuática, tales como caños y quebradas, y 5) hábitats formados por acumulaciones de vegetación flotante no enraizada en el centro o en la orilla de grandes ríos, en aguas profundas estancadas o con corriente, color ámbar o marrón según la época del año. Dichos hábitats pueden estar ubicados en seis tipos de humedales que se describen a continuación:

- Lagunas de sabana: Son lagunas naturales de tamaño variable, que se originaron por acumulación de agua de lluvia en depresiones naturales del terreno, producidas por ondulaciones del micro relieve, con aporte de escurrimientos superficiales y líneas de drenajes, permanentes, de aguas estancadas y completamente soleadas. Frecuentemente están ubicadas en ambientes de sabana bordeadas con vegetación arbustiva y bosques de galería, en paisajes dominados por lomeríos bajos de pendiente suave. El sustrato varía entre arenoso y franco arenoso, el color del agua varía entre ámbar y opalina, dependiendo de la época del año. Los valores físico-químicos promedio obtenidos de 14 muestreos realizados en dos lagunas durante el estudio fueron 31,3°C para la temperatura del agua; 39,5 μ S/cm de conductividad eléctrica; 6,5 el pH y 20,2 mg/L de SDT en el agua. Estas lagunas son ricas en vegetación hidrófila enraizada y flotante, destacando entre las especies dominantes las gramíneas y los géneros de emergentes *Eleocharis* y *Ludwigia*. Asimismo abundan las flotantes

sumergidas *Mayaca* y *Utricularia*, así como las algas verdes filamentosas (AVF), las cuales forman excelentes nichos que les proporcionan refugio y alimentación a las larvas de anofelinos.

- **Lagunas de bosque:** También son muy frecuentes en la zona las lagunas originadas de los prestamos hechos durante la construcción de la carretera troncal, de las cuales se muestrearon cuatro en este estudio. Su estabilidad ha permitido la colonización por vegetación acuática, constituyéndose en uno de los principales tipos de hábitats de anofelinos en el municipio. Al igual que las lagunas de sabana son de tamaño variable y aguas estancadas, hidropériodo estacional o permanente, alimentadas por pequeñas líneas de drenajes y escurrimientos superficiales. Pueden estar a pleno sol en áreas deforestadas, o en áreas de transición entre el suelo desnudo y el bosque, sombreadas total o parcialmente. Estas cualidades determinan a su vez las características físico-químicas del agua y de la vegetación acuática, que puede estar presente o no dependiendo de su ubicación y época del año. El color aparente del agua por lo general es ámbar, pero puede tornarse marrón durante el pico de precipitaciones. Los valores físico-químicos promedio medidos en estas lagunas fueron de 29,3°C para la temperatura del agua; 46,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la conductividad eléctrica; 5,9 el pH y 27,1 mg/L de SDT. Cuando está presente, la vegetación acuática dominante está representada por los géneros *Nymphaea* y *Mayaca*, pudiendo haber gramíneas en áreas soleadas.
- **Herbazales:** Están formados por pastizales inundados en terrenos bajos anegadizos con sustrato de turbera, originados por acumulación de agua de lluvia en suelos limosos poco permeables. Los tres herbazales muestreados cubren áreas superiores a las cinco hectáreas con una lámina de agua poco profunda, de aproximadamente 50 cm en los lugares de mayor profundidad. Más de 90% de su superficie está cubierto por vegetación herbácea homogénea, casi siempre *Eleocharis* entremezcladas con gramíneas. Hacia las orillas, y donde la densidad de herbáceas es menor, otros géneros de hidrófilas emergentes y sumergidas tales como *Utricularia*, *Mayaca*, *Ludwigia*, AVF y ocasionalmente alguna nymphacea pueden estar presentes. Estos cuerpos de agua se encuentran en paisajes de sabana o penillanuras, en áreas completamente expuestas al sol. Son de dinámica hídrica estancada e

hidropériodo permanente, aunque durante sequías extremas pueden secarse completamente. La mayor parte del año el agua es de color ámbar, pero puede aclararse un poco durante el pico de lluvias, registrándose en los hábitats acuáticos medidos una temperatura promedio de 29,5°C; una conductividad de 57,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$; un pH de 5,9 y SDT de 31,4 mg/L.

- **Ríos:** Este tipo de ecosistema acuático es el resultado de la dinámica hidro-fluvial estacional de los grandes ríos de la zona: Cuyuní, Yuruán y Yurará que conforman la cuenca hidrográfica del Cuyuní (Fig. 1). En estos ríos se manifiestan dos tipos de hábitats estacionales, espacialmente coincidentes y temporalmente separados. Durante la época de lluvias cuando el agua fluye con una corriente moderada a rápida, se forman cúmulos de vegetación flotante y detrito, particularmente de *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*, anclados en troncos caídos en la orilla o en el centro del caudal, constituyendo nichos que proporcionan alimento y refugio a las larvas de mosquitos. Pueden estar a pleno sol o a la sombra dependiendo de su ubicación y el color del agua es variable, según las fluctuaciones del nivel del río. La temperatura promedio en estos nichos fue de 30°C; la conductividad 46,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pH 5,9 y SDT de 23,6 mg/L. Durante la época de sequía, de febrero a abril, el río disminuye su caudal y el flujo de agua disminuye notablemente o se detiene, formándose charcas de agua estancada de poca profundidad, en el cauce seco o en la orilla, cubiertas de densos cúmulos de *E. crassipes*, *P. stratiotes* y AVF, siendo la temperatura promedio de estas charcas 28,2°C; conductividad 88,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pH 6,1 y SDT de 52,7 mg/L. Las charcas durante la época de sequía y los cúmulos flotantes de vegetación durante las lluvias, constituyen excelentes hábitats acuáticos para los mosquitos, convirtiendo al río en un hábitat adecuado en ambas estaciones para las larvas de anofelinos.
- **Caño:** Los dos hábitats tipo caño muestreados están constituidos por corrientes de agua lenta a moderada, de origen natural cuyo caudal depende de la época del año y de las precipitaciones. En general son angostos, más o menos tres metros, y transcurren por áreas boscosas poco intervenidas, profusamente sombreadas y de pendiente leve. Se caracterizan por presentar aguas cristalinas o ámbar sobre un sustrato arenoso o franco-limoso poco profundo, cuya temperatura promedio fue

26,5°C; conductividad 19,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pH 4,9 y SDT de 8,1mg/L. Por lo general carecen de vegetación hidrófila, pero en áreas donde el dosel del bosque está interrumpido puede haber pequeños cúmulos de *Mayaca* sp., *Utricularia* sp. y AVF. En las orillas y entre las raíces de los árboles, se forman nichos por acumulación de detrito donde se encuentran las larvas de mosquitos.

- **Pantano:** Bajo el nombre de pantano se agrupan muchos humedales con diferentes dinámicas hídricas, que constituyen excelentes hábitats para los anofelinos, los cuales pueden variar en cuanto al tamaño y características dependiendo del origen y la geomorfología del área. El pantano muestreado está formado por una extensa área inundable originada por el represamiento de agua de lluvia y escurrimientos superficiales, en un suelo poco permeable con sustrato de turbera, cubierto de vegetación arbustiva de densidad rala, lo que lo hace parcialmente sombreado. La vegetación hidrófila es escasa, pero donde la luz lo permite hay pequeños cúmulos de *Eleocharis*, *Mayaca* y *Utricularia*. Su dinámica hídrica es de aguas estancadas, permanentes y de color ámbar, con abundante detrito en la superficie, lo cual favorece la presencia de anofelinos. En promedio, en este tipo de hábitat se registró una temperatura de 27,7°C; conductividad de 14,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pH 5,2 y SDT de 6,9 mg/L.

RESULTADOS

Abundancia de anofelinos por tipo de hábitat

En el lapso comprendido entre septiembre 2002 y diciembre 2003, se muestrearon cada mes dos lagunas de sabana, cuatro lagunas de bosque, tres herbazales, dos caños o quebradas, un río y un pantano, para una suma de 13 cuerpos de agua y 178 muestras de 30 cucharonazos cada una, lo que representa un esfuerzo de colecta de 5.340 cucharonazos. De estos, 1.080 (20,2%) cucharonazos fueron tomados en lagunas de sabana, 1.410 (26,4%) en lagunas de bosque, 690 (12,9%) en herbazal, 1.290 (24,2%) en caños, 480 (9,0%) en río y 390 (7,3%) en pantano; colectándose en todos los hábitats 8.073 larvas de anofelinos de los cuatro estadios.

En la Tabla I se resume la cantidad de larvas colectadas por especie de anofelino y tipo de hábitat durante el estudio, distribuidas en por lo menos 11 especies, 10 de ellas del género *Anopheles* y una del género *Chagasia* Cruz. De las especies de *Anopheles* identificadas siete pertenecen al subgénero *Nyssorhynchus*, siendo la más abundante *An. triannulatus* s.l. (51,9%), seguida de *An. albitarsis* s.l. (22,1%), *An. braziliensis* (Chagas) (7,1%), *An. darlingi* (4,5%), *An. nuneztovari* s.l. (1,6%), *An. oswaldoi* (Peryassu) s.l. (1,2%) y *An. strodei* Root s.l. (0,3%). *Anopheles triannulatus* s.l., además de

Tabla I. Número total de larvas identificadas por tipo de hábitat para cada especie de *Anopheles* y *Chagasia* capturada.

Especie	Laguna de bosque	Laguna de sabana	Herbazal	Pantano	Caño	Río	Total
<i>An. triannulatus</i> s.l.	1.985	1.311	117	148	59	572	4.192
<i>An. albitarsis</i> s.l.	598	749	432	2	0	1	1.782
<i>An. braziliensis</i>	0	227	348	0	0	0	575
<i>An. darlingi</i>	237	0	0	1	23	101	362
<i>An. nuneztovari</i> s.l.	126	0	0	0	0	2	128
<i>An. strodei</i> s.l.	23	0	0	0	0	0	23
<i>An. oswaldoi</i> s.l.	50	0	0	3	44	0	97
<i>An. squamifemur</i>	0	0	0	0	15	0	15
<i>An. (Anopheles)</i> sp.	0	0	0	0	9	10	19
<i>An. (Stethomyia)</i> sp.	4	0	0	0	36	0	40
<i>Ch. bonneae</i>	2	0	0	0	140	0	142
No identificados*	351	141	56	46	44	60	698
Total	3.376	2.428	953	209	371	736	8.073

*Por pérdida de caracteres taxonómicos de importancia o muerte durante el desarrollo

ser la especie más abundante, también fue la más ubicua, estando presente de manera importante en todos los tipos de hábitats, las demás especies tienden a mostrar preferencia por hábitats de agua estancada o con corriente de manera diferencial. *Anopheles braziliensis*, *An. albitarsis s.l.*, *An. nuneztovari s.l.* y *An. strodei s.l.* muestran una clara preferencia por los humedales de agua estancada, mientras que *An. darlingi* fue colectado indistintamente en ambos tipos de hábitats (Tabla I). En cuanto a otros subgéneros, también se colectaron larvas de *An. (Lophopodomys) squamifemur* Antunes (0,2%) y especies no identificadas de los subgéneros *Anopheles* (0,2%) y *Stethomyia* (0,5%), entre los cuales podría haber más de una especie, así como una cantidad importante de larvas del género *Chagasia* posteriormente identificadas como *Chagasia bonneae* Root (1,8%), ocupando esta especie el quinto lugar en abundancia en toda la muestra y explotando principalmente hábitats tipo caño (Tabla I).

En las lagunas de sabana se colectaron sólo tres especies de anofelinos, siendo este tipo de hábitat el de menor diversidad de especies junto con el herbazal. No obstante, en estos hábitats se colectaron 2.428 (30,1%) larvas de tres especies, siendo el segundo en abundancia después de las lagunas de bosque. La especie más abundante en las lagunas de sabana fue *An. triannulatus s.l.* con 1.311 (54,%) larvas colectadas, seguida por *An. albitarsis s.l.* con 749 (30,8%) y *An. braziliensis* 227 (9,3%), mientras que 141 (5,8%) larvas no pudieron ser identificadas por muerte durante el desarrollo hasta larva de IV estadio (Tabla I). En las lagunas de bosque, el hecho de poseer áreas soleadas y sombreadas, posibilita la presencia tanto de especies del subgénero *Nyssorhynchus* como de otras especies raras, lo cual las convierte en los hábitats con mayor diversidad junto con los caños y también en los de mayor abundancia. En las lagunas de bosque se colectaron 3.376 (41,8%) larvas distribuidas en seis especies del subgénero *Nyssorhynchus*, más dos larvas de *Ch. bonneae* y cuatro larvas del subgénero *Stethomyia*. La especie más abundante en este hábitat fue *An. triannulatus s.l.* con 1.985 (58,8%) larvas, seguida de *An. albitarsis s.l.* (17,7%), *An. darlingi* (7,0%), *An. nuneztovari s.l.* (3,7%), *An. oswaldois.l.* (1,5%) y *An. strodei s.l.* (0,7%) (Tabla I). Este fue prácticamente el único hábitat de agua estancada donde se encontró *An. darlingi*, asimismo el hábitat principal para *An. triannulatus s.l.* y casi el único donde se colectó *An.*

nuneztovari s.l. En los herbazales, hábitats de baja diversidad de especies y abundancia intermedia, en total se colectaron 953 (11,8%) larvas pertenecientes a tres especies de anofelinos, siendo la más abundante *An. albitarsis s.l.* (45,3%), seguida de *An. braziliensis* (36,5%) y *An. triannulatus s.l.* (12,3%) (Tabla I).

En el río se colectaron 736 (9,1%) larvas de anofelinos de cuatro especies, en las charcas formadas durante la época seca en el lecho y en los cúmulos flotantes de vegetación durante la época de lluvias. Estos hábitats, constituyen excelentes sitios de colonización de mosquitos, por lo que resultaron positivos a larvas de *An. triannulatus s.l.* en ambas estaciones, siendo esta la especie más abundante. Estos hábitats, de poca diversidad y abundancia intermedia, constituyen además uno de los principales hábitats de *An. darlingi* en la región, así como también se pueden colectar eventualmente larvas de *An. albitarsis s.l.* y *An. nuneztovari s.l.*, pero en muy baja densidad (Tabla I). Los caños ocuparon el segundo lugar en diversidad de especies detrás de las lagunas de bosque, en ellos se colectaron 371 (4,6%) larvas de anofelinos pertenecientes a cinco especies y dos subgéneros. La especie más abundante en los caños fue *Ch. bonneae* (37,7%), esta especie frecuentemente se encuentra en este tipo de hábitat junto con larvas de *An. squamifemur* (4,0%) y los subgéneros *Stethomyia* (9,7%) y *Anopheles* (2,7%) (Tabla I). Por último, en los pantanos se colectaron 209 (2,6%) larvas de cuatro especies de anofelinos más larvas del subgénero *Anopheles* no identificadas, siendo los hábitats de más baja abundancia, donde *An. triannulatus s.l.* (70,8%) fue la especie dominante (Tabla I).

Fluctuación poblacional de las larvas de anofelinos

En general, sin discriminar por tipo de hábitat ni especie de anofelino, las larvas fueron más abundantes durante la época de sequía, con una ligera caída durante el pico de precipitación, tendencia que se mantiene durante el resto del periodo, con una ligera recuperación durante la transición lluvia-sequía de agosto y septiembre. El análisis de correlación muestra una relación negativa no significativa de bajo coeficiente con la lluvia ($R = -0,34$) y con el nivel del río ($R = -0,12$) (Tabla II).

Este patrón general de abundancia puede albergar otras tendencias particulares, que se hacen

evidentes al discriminar el análisis por tipo de hábitat y especie de anofelino, factor de variación importante dada la variabilidad de hábitat que explota cada una de las especies. En los cuerpos de aguas estancadas y soleados, tales como lagunas, herbazales y pantanos, la tendencia general es a una relación inversa de la abundancia de larvas con la precipitación como la señalada anteriormente, resultando el análisis de correlación no significativo y con coeficientes demasiado bajos para la lluvia ($R = -0,19$) y para el nivel del río ($R = 0,06$) (Tabla II). En este tipo de ambiente, si bien la abundancia de larvas disminuye durante el periodo de lluvias, no sufre una caída drástica, permitiendo la presencia de larvas en el hábitat durante casi todo el año. No ocurre lo mismo en los cuerpos de agua loticos, tales como los caños y el río, en los cuales la caída de la abundancia de larvas de mosquitos durante el período de lluvias es abrupta, justo al comienzo de las precipitaciones durante el mes de mayo, comenzando la recuperación del hábitat acuático en diciembre, después del segundo pico de precipitaciones y antes del inicio de la temporada seca. En este caso, si se encontró una correlación negativa altamente significativa ($P \leq 0,01$) y con elevados coeficientes de la abundancia con la lluvia ($R = -0,69$) y con el nivel del río ($R = -0,77$), que ponen en evidencia el efecto negativo de la lluvia en este tipo de hábitats (Tabla II).

Anopheles braziliensis y *An. albitarsis s.l.* fueron más abundantes en cuerpos de agua estancada y soleados como lagunas de sabana y herbazales, hábitats de características similares. *Anopheles braziliensis* fue particularmente abundante en los hábitats tipo herbazal y laguna de sabana durante la

época de sequía, llegando a desaparecer por completo durante los meses de más lluvia, mostrando un comportamiento diferente al de *An. albitarsis s.l.*, especie con la que comparte el hábitat (Fig. 2). Estas dos especies muestran un patrón de abundancia similar durante la época de sequía, pero luego, mientras que *An. braziliensis* desaparece durante los meses más lluviosos (mayo-agosto); *An. albitarsis s.l.*, si bien baja un poco, se mantiene hasta alcanzar un pico en la abundancia inmediatamente después del pico de precipitaciones durante el periodo de transición lluvia-sequía en el mes de agosto (Fig. 2). La relación inversa de *An. braziliensis* con la precipitación es demostrada por el análisis de correlación, con un elevado coeficiente negativo altamente significativo ($R = -0,65$), mientras que con el nivel del río el coeficiente fue bajo y no significativo ($R = -0,24$), asimismo, para *An. albitarsis s.l.* fue no significativa en ambos casos ($R = 0,22$ y $R = 0,46$) (Tabla II).

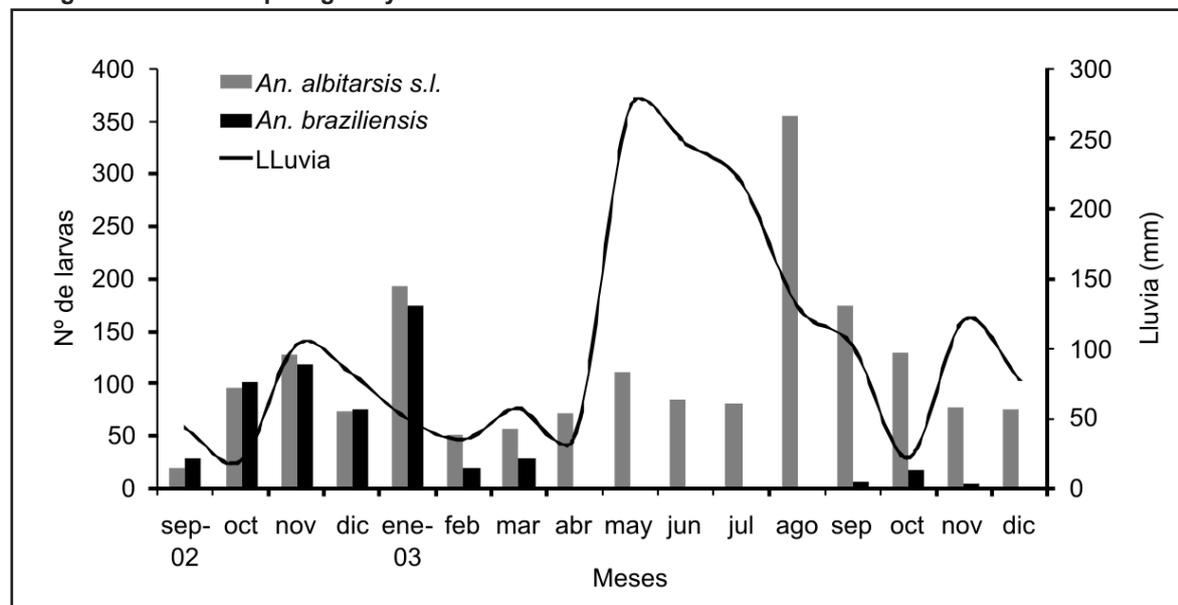
La combinación de la dinámica hídrica del hábitat y la especie de anofelino, permiten explicar mejor el comportamiento de aquellas especies que se encuentran simultáneamente en cuerpos de agua estancados y con corriente. *Anopheles triannulatus s.l.* muestra una tendencia de mayor abundancia durante la época de sequía en hábitats estancados y con corriente, muy parecida a la tendencia general, lo cual es debido a que es la especie más abundante en el área de estudio y por lo tanto ejerce un gran peso en la curva de abundancia general (Fig. 3A). Esta especie parece ser impactada negativamente por la lluvia, disminuyendo su abundancia durante el pico de precipitaciones en ambos tipo de hábitats; este efecto es más marcado en los cuerpos de agua loticos,

Tabla II. Relación de las larvas de *Anopheles* spp. y *Chagasia* con la lluvia y el nivel del río para cuerpos de agua estancados, con corriente y todos los hábitats.

	Estancados		Con corriente		Todos los hábitats	
	Lluvia	Río	Lluvia	Río	Lluvia	Río
<i>An. triannulatus s.l.</i>	-0,33	-0,18	-0,48	-0,73**	-0,46	-0,28
<i>An. albitarsis s.l.</i>	0,22	0,46			0,22	0,45
<i>An. braziliensis</i>	-0,65**	-0,24			-0,65**	-0,24
<i>An. darlingi</i>	0,45	0,44	-0,45	-0,45	-0,04	0,09
<i>An. nuneztovari s.l.</i>	0,71**	0,79**			0,68**	0,66**
<i>An. oswaldoi s.l.</i>	-0,15	-0,44	-0,50*	-0,63**	-0,22	-0,50*
<i>Ch. bonnea</i>	-	-	-0,39	-0,26	-0,37	-0,24
Total	-0,19	0,06	-0,69**	-0,77**	-0,34	-0,12

**Correlación significativa al nivel 0,01. *Correlación significativa al nivel 0,05

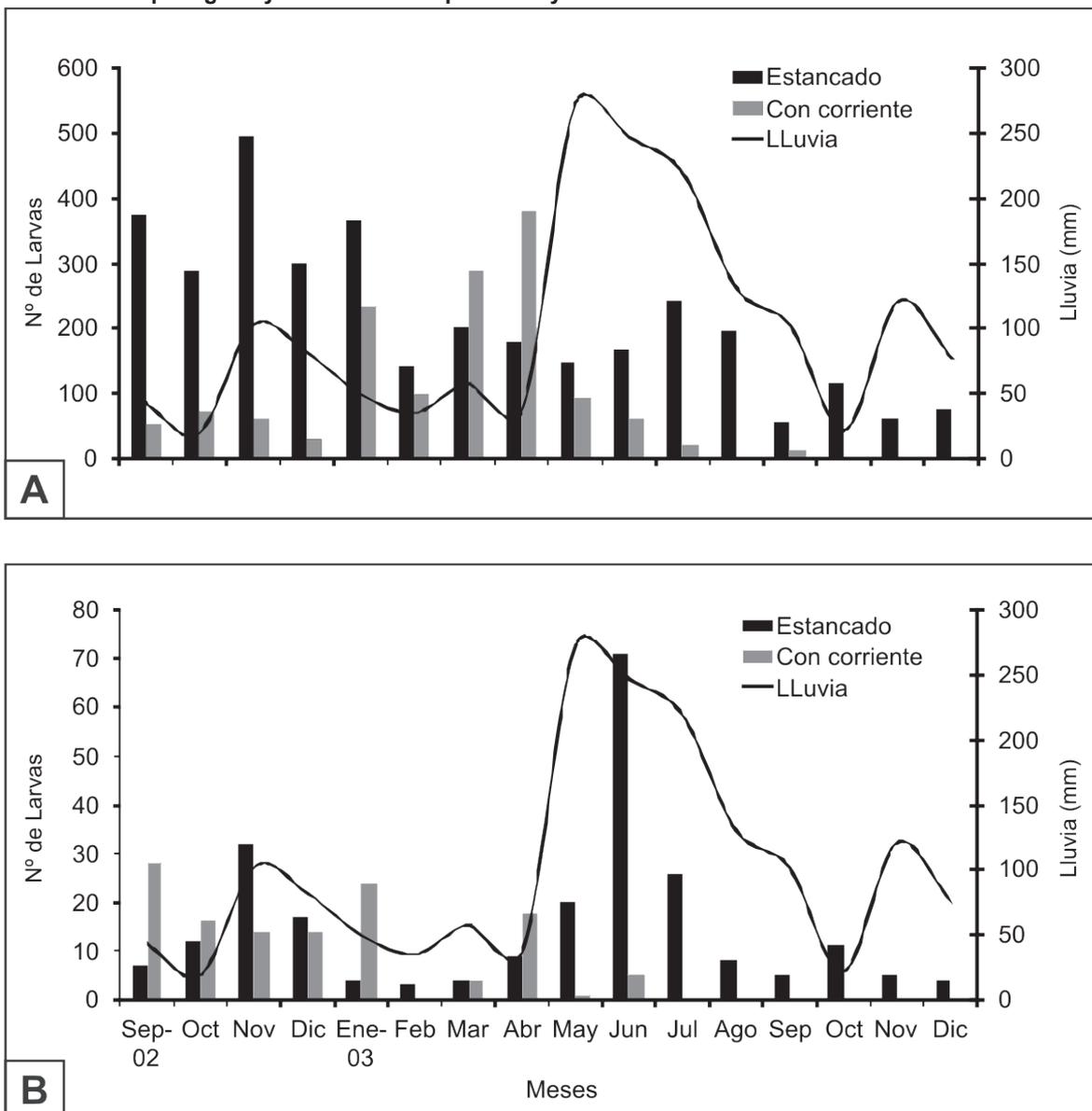
Fig. 2. Lluvia y abundancia mensual de larvas de *Anopheles albitarsis s.l.* y *An. braziliensis* en cuerpos de agua estancados tipo laguna y herbazal.



a diferencia de *An. albitarsis s.l.* con la cual comparte hábitat en estos cuerpos de agua. Esta tendencia queda claramente demostrada en los resultados del análisis de correlación con la lluvia, cuyos coeficientes fueron bajos, negativos y no significativos, mientras que con el nivel del río la correlación fue no significativa en los hábitats estancados pero negativa y altamente significativa ($R = -0,73$) en los cuerpos de agua con corriente (Tabla II). Por otro lado, *An. darlingi* tiene un comportamiento contrastante con el de *An. triannulatus s.l.*, dependiente de la dinámica hídrica del hábitat. De esta manera, mientras que en los cuerpos de agua estancados incrementa su abundancia durante la época de lluvias coincidiendo casi a la perfección con el pico de precipitación, en los cuerpos loticos muestra un patrón inverso disminuyendo drásticamente durante el periodo de lluvias por efecto del lavado de los cursos de agua (Fig. 3B). Llama la atención, que sin bien no son significativos, los coeficientes de correlación de esta especie con la lluvia tienen el mismo valor para los cuerpos de agua estancados ($R = 0,45$) y con corriente ($R = -0,45$) pero con signos inversos, lo que cuantifica claramente la relación que se describe arriba, repitiéndose la misma relación inversa para el nivel del río con coeficientes similares para los cuerpos de agua estancados ($R = 0,40$) y con corriente ($R = -0,45$) (Tabla II).

Las larvas de *An. nuneztovari s.l.* se encontraron casi exclusivamente en cuerpos de aguas estancadas como las lagunas de bosque. Esta especie mostró un comportamiento bien diferente al de *An. darlingi* y al de casi todas las demás. La curva de *An. nuneztovari s.l.* muestra que la especie fue notoriamente abundante en julio y agosto, inmediatamente después del pico de lluvias durante los meses de transición lluvia-sequía (Fig. 4A). Esta fue la especie que demostró estar más fuertemente correlacionada con la lluvia ($R = 0,71$) y el nivel del río ($R = 0,79$), siendo los coeficientes altamente significativos en ambos casos. *Anopheles oswaldoi s.l.*, por el contrario, se encuentra en ambos tipos de hábitats, pero su comportamiento es diferente al de las dos especies anteriores, pues su abundancia se incrementa solo justo antes del periodo de lluvias, disminuyendo dramáticamente durante el pico de lluvias (Fig. 4B). Es importante resaltar que la abundancia de *An. oswaldoi s.l.* durante el estudio fue muy baja, lo cual puede causar sesgo en la interpretación de los resultados. No obstante, el análisis de correlación corrobora la relación inversa con la precipitación y el nivel del río en los cuerpos loticos, siendo significativa para la lluvia ($R = -0,50$) y altamente significativa para el nivel del río ($R = -0,63$) (Tabla II).

Fig. 3. Lluvia y abundancia mensual de *An. triannulatus s.l.* (A) y *An. darlingi* (B) en cuerpos de agua estancados tipo laguna y con corriente tipos caño y río.

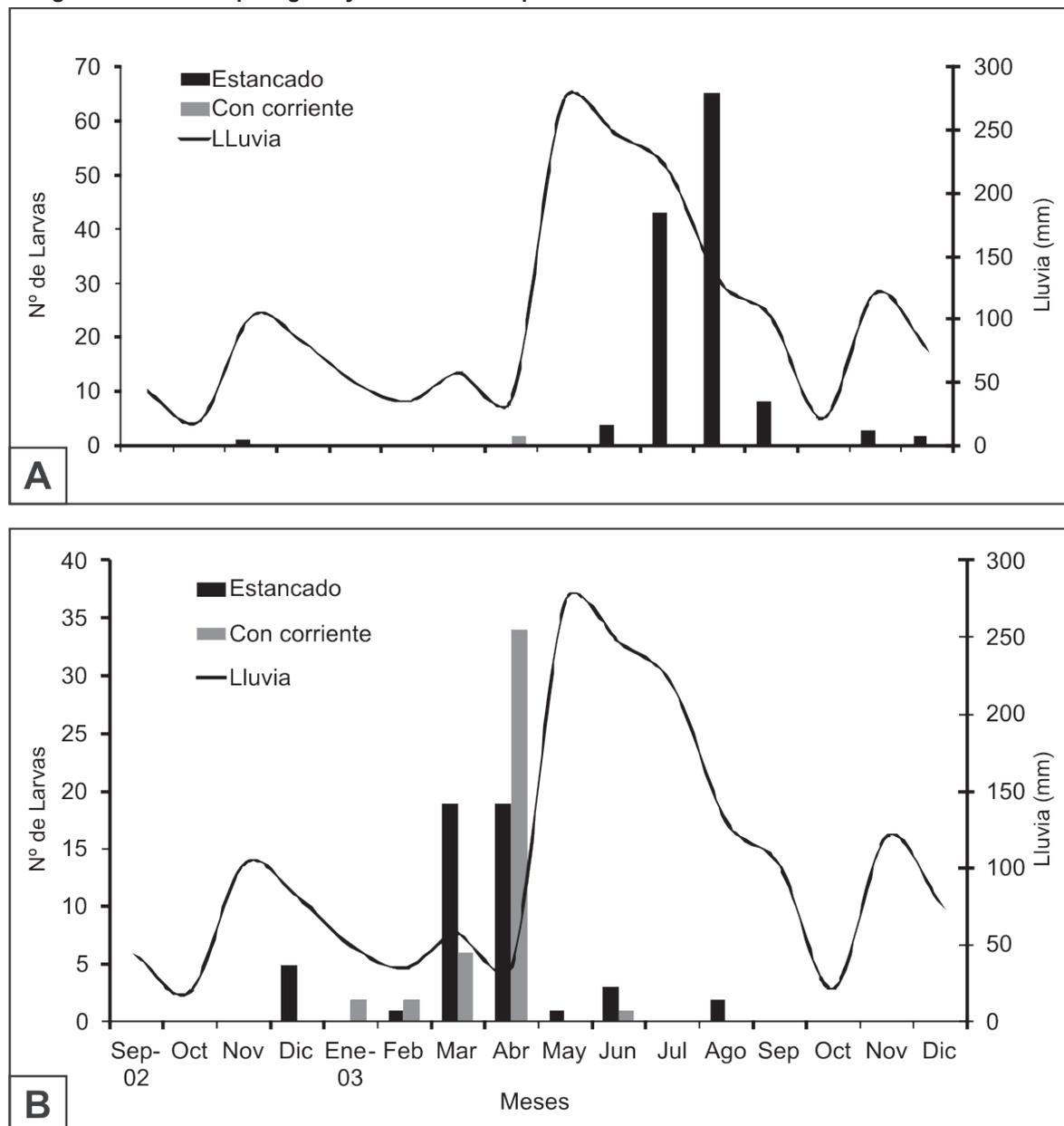


DISCUSIÓN

La asociación que existe entre el patrón de distribución temporal de los mosquitos y la fluctuación del hábitat acuático provocada por las lluvias ha sido suficientemente documentada (Charlwood, 1996; Galardo *et al.*, 2009; Gomes *et al.*, 2008; Rozendaal, 1990). No obstante, el signo de esta relación no siempre es positivo, pues la naturaleza de esta interacción es multifactorial y depende de aspectos tales como la especie de anofelino, la topografía,

el paisaje, el tipo de hábitat e incluso la acción del hombre (Girod *et al.*, 2008). En este sentido, se ha demostrado que la actividad humana favorece la aparición de hábitats acuáticos contribuyendo al incremento de la densidad de las poblaciones de mosquitos. Esto es particularmente crítico en las áreas de explotación mineras y áreas recién deforestadas para actividad agrícola (Gomes *et al.*, 2008; Moreno *et al.*, 2000; 2007; Vittor *et al.*, 2009). En este trabajo se describen las fluctuaciones poblacionales de las seis especies de anofelinos más abundante en el área

Fig. 4. Lluvia y Abundancia mensual de *Anopheles nuneztovari* s.l. (A) *An. oswaldoi* s.l. (B) en cuerpos de agua estancados tipo laguna y con corriente tipo caño



de estudio, dos de las cuales han sido incriminadas en la transmisión de malaria y tres están incluidas en la lista de vectores dominantes de América (Moreno *et al.*, 2007; 2009; Sinka *et al.*, 2010; 2012).

Con respecto a *An. darlingi*, algunos autores han reportado que la densidad de esta especie se incrementa durante la época lluviosa, y que su área de distribución se expande debido a que las lluvias

incrementan el número de hábitats disponibles con las inundaciones, mientras que otros reportan incrementos en la densidad durante la estación seca (Berti *et al.*, 2008; Girod *et al.*, 2008; León *et al.*, 2003; Barros & Honorio 2007; Barros *et al.*, 2011a). Sin embargo, la mayoría coincide en que la densidad de *An. darlingi* se eleva durante los periodos de transición, lluvia-sequía y sequía-lluvia, cuando los ríos bajan y suben el nivel, se hacen cúmulos de

vegetación con detrito y las posibilidades de lavado disminuyen (Achee *et al.*, 2006; Charlwood, 1996; Galardo *et al.*, 2009). Los resultados de este trabajo sugieren que la dinámica poblacional de *An. darlingi* parece más bien estar adaptada al tipo de hábitat y a su dinámica hídrica, incrementando o disminuyendo su densidad de acuerdo al flujo de agua en éste, siendo favorecido por la variedad de hábitats que coloniza (Achee *et al.*, 2006). De esta manera, en cuerpos de agua estancados y estacionalmente estables, la población de larvas de la especie es menos afectada por la fluctuaciones en la precipitación que en los cuerpos de agua con corriente, los cuales sufren el efecto de inundaciones que afectan su productividad (Forattini, 1987). En consecuencia, dado que en el área de estudio los hábitats principales para *An. darlingi* lo constituyen las lagunas de bosque, asociadas a las actividades antrópicas (Moreno *et al.*, 2000), la densidad poblacional de este vector es poco afectada por la lluvia y es bastante estable a lo largo del año, decreciendo solo en los periodos extremos de mucha sequía o mucha lluvia, con tendencia al incremento inmediatamente después del pico de lluvias y al comienzo de la temporada seca, tal como ha sido reportado para esta misma área y otros lugares de Suramérica (Berti *et al.*, 2008; Gomes *et al.*, 2008; Hiwat & Bretas, 2011). La complejidad de esta especie radica en que explota una gran diversidad de hábitats (Charlwood, 1996; Girod *et al.*, 2008; Hudson, 1984; Moreno *et al.*, 2000), con o sin corriente, lo que le da una gran capacidad de adaptación a los cambios estacionales de la precipitación, garantizándole una población más o menos estable y por ende contribuir con la transmisión de malaria durante todo el año.

No obstante, la dinámica de transmisión de malaria en esta área es más compleja, pues además de *An. darlingi* también están presentes *An. albitarsis s.l.* (= *An. marajoara*) y *An. nuneztovari s.l.*, la primera de estas especies es un importante vector en esta área endémica y en el norte de Suramérica, y la segunda es un vector principal de malaria en el occidente de Venezuela y Colombia (Conn *et al.*, 2002; Gabaldon, 1981; Galardo *et al.*, 2007; Moreno *et al.*, 2007; 2009; Rubio-Palis *et al.*, 1992). *Anopheles albitarsis s.l.* (= *An. marajoara*) es más abundante que *An. darlingi* en el área de estudio, tiene una tasa de picada superior a ésta y la tasa de infección es similar, por lo tanto su dinámica poblacional afecta tanto como la de *An. darlingi* la transmisión de malaria (Moreno *et al.*, 2007; 2009). A diferencia de esta especie, *An. albitarsis*

s.l. es más selectiva en cuanto al tipo de hábitat que explota; los resultados de este trabajo demuestran que su rango de distribución está restringido a hábitats estancados a pleno sol o parcialmente sombreados tipo lagunas y herbazales, tal como ha sido reportado previamente por algunos autores (Faran & Linthicum, 1981; Moreno *et al.*, 2000). Sin embargo, otros autores como Galardo *et al.* (2009), sugieren que esta especie explota un amplio rango de hábitats lo cual le permite soportar dramáticos cambios estacionales y le confiere ventajas sobre las demás especies. Los resultados de este trabajo apuntan a que, al estar restringida *An. albitarsis s.l.* a cuerpos de agua lenticos muy estables, a diferencia de lo que ocurre con *An. darlingi*, si bien es afectada por la lluvia, la población se mantiene durante todo el año con un fuerte incremento en el periodo de transición lluvia-sequía, cuando las condiciones climáticas favorecen el aumento de la vegetación acuática. Esta condición determina que la especie pueda colonizar un gran número de hábitats similares, estables durante todo el año, en vez de explotar una gran variedad de hábitats, tal como ha sido sugerido para explicar la abundancia de *An. aquasalis* en el oriente de Venezuela (Grillet, 2000). Son pocas las referencias acerca de las fluctuaciones de la abundancia de *An. albitarsis s.l.* en los hábitats acuáticos, pero en cuanto a la fluctuación estacional de los adultos Galardo *et al.* (2009) en Amapá, Brasil, reportan que *An. albitarsis s.l.* (= *marajoara*) incrementa su abundancia durante el periodo de transición lluvia-sequía, mientras que Rubio-Palis & Curtis (1992) encontraron que en el occidente de Venezuela, si bien hubo variación en la abundancia entre localidades, hubo una correlación positiva significativa entre la abundancia de *An. albitarsis s.l.* y la precipitación con un mes de rezago. Sin embargo, en un estudio realizado previamente en Sifontes por Moreno *et al.* (2007), se reporta que los adultos de *An. albitarsis s.l.* (= *marajoara*) incrementan su abundancia durante el periodo de transición sequía-lluvia en marzo, manteniéndola hasta agosto durante todo el periodo de lluvias, lo cual puede ser un reflejo de la variabilidad que presenta esta especie en Suramérica. Si bien no hay coincidencia entre la abundancia de adultos reportada previamente por Moreno *et al.* (2007) y la abundancia de las larvas reportada en este trabajo, hay que tener en cuenta que no siempre hay sincronía entre las fluctuaciones poblacionales de los inmaduros y los adultos, debido a que ambos estadios pueden estar sometidos a diferentes factores

de mortalidad. Al respecto, Barros *et al.* (2011b) demostraron que las tasas de picada y sobrevivencia de *An. darlingi* decrecían significativamente durante la época de lluvias, mientras que no ocurría lo mismo con los estadios inmaduros, sugiriendo que la lluvia constituía un factor de mortalidad para los adultos de la especie.

Según Rozendaal (1990), *An. nuneztovari* fue más abundante en Surinam durante el periodo de sequía, encontrándose en charcas soleadas formadas en el lecho del río en época de sequía, mientras que Galardo *et al.* (2009) reportan que *An. nuneztovari* incrementa su abundancia inmediatamente después del inicio de las lluvias, tomando ventaja de charcas temporales. De manera similar, Scorza *et al.* (1977, 1981) en el piedemonte andino de Venezuela, colectaron larvas de *An. nuneztovari* en dos charcas a pleno sol, encontrando que las larvas eran más abundantes durante el periodo de transición, lluvia-sequía o durante la época de sequía. Estos reportes, en cuanto a la distribución espacial y estacionalidad de *An. nuneztovari s.l.*, muestran una gran coincidencia con lo reportado en el presente trabajo para la Guayana venezolana, donde la especie tiende a incrementar su abundancia durante el periodo de transición hacia la temporada seca. No obstante, estos resultados deben ser vistos con cautela, ya que pudieran estar sesgados por un tamaño de muestra muy pequeño.

Anopheles triannulatus s.l. es la especie más abundante y ubicua en los hábitats acuáticos en el área de estudio, y así parece ser en todo el área de su distribución geográfica en Venezuela y en Suramérica de donde se reporta su presencia (Brochero *et al.*, 2006; Lorenco-de-Oliveira *et al.*, 1989; Moreno *et al.*, 2000; Rubio-Palis *et al.*, 2005). Si bien no es considerada un vector principal de malaria, esta especie puede jugar un rol secundario en la transmisión de malaria a elevadas densidades, y ha sido conseguida naturalmente infectada con *Plasmodium falciparum* y *P. vivax* en Brasil y Colombia (Rosero *et al.*, 2013; Silva-do-Nascimento & Lourenço-de-Oliveira, 2007). La curva de fluctuación poblacional obtenida en este estudio, mostró que *An. triannulatus s.l.* fue más abundante durante la época de menos lluvia, con un pico al comienzo de la estación seca, tanto en cuerpos de agua con corriente como en los estancados, resultado similar al reportado por Guimaraes *et al.* (2004) en Brasil. Sin embargo, la dinámica poblacional de la

especie, que comparte hábitat con *An. albitarsis s.l.* y *An. nuneztovari s.l.*, es conocida por la variabilidad a lo largo de su distribución geográfica en Suramérica. En general se ha reportado que su abundancia aumenta durante la transición sequía-lluvia y durante la época de lluvias (Silva-do-Nascimento & Lourenço-de-Oliveira, 2007; Souza-Santos, 2002). No obstante, Galardo *et al.* (2009) reportaron que la especie es más abundante durante la transición lluvia-sequía, siendo una constante la estabilidad poblacional de la especie a lo largo del año, lo cual es atribuido a que explota hábitats acuáticos permanentes.

La otra especie de relativa importancia por su amplia distribución y ubicuidad en el área de estudio es *An. oswaldoi s.l.*, una especie que ha sido involucrada en la transmisión de malaria en Venezuela y tiene estatus de vector secundario en Suramérica (Sinka *et al.*, 2010). Con respecto a esta especie, además de su ambigüedad taxonómica en Venezuela (Rubio *et al.*, 2013), existe el inconveniente de que por lo general, su abundancia fue baja en casi todos los sitios donde se le colecta, lo cual es un inconveniente para estudios de fluctuación estacional. En este trabajo, *An. oswaldoi s.l.* fue más abundante durante la transición sequía-lluvia, específicamente al final de la estación seca, notándose un dramático efecto negativo del incremento de la lluvia en la densidad poblacional de la especie. Estos resultados son similares a los reportados por Grillet (2000), para quien los cambios estacionales de las poblaciones larvales de esta especie están fuertemente relacionados al régimen hidrológico y al tipo de hábitat que explota. En este caso, *An. oswaldoi s.l.* fue colectada por igual solo en lagunas de bosque y charcas ubicadas en el lecho de los caños en época de sequía, expuestas al efecto de lavado de la lluvia, lo cual explica la drástica disminución de la abundancia al comienzo de las precipitaciones. Estos resultados contrastan con los reportados por Rubio-Palis *et al.* (2005) en el municipio Alto Orinoco del estado Amazonas, donde *An. oswaldoi s.l.* fue la especie más abundante y común en todos los tipos de hábitats, particularmente en las grandes lagunas de hidropériodo permanente.

Los resultados de este trabajo indican que, en general, cuando se analizan todas las especies en conjunto, o individualmente, la abundancia de larvas en los hábitats acuáticos tienden a ser más elevada durante la época de menos lluvia, con una drástica disminución al comienzo de las precipitaciones,

cuyo efecto es más marcado en los cuerpos de agua con corriente. Este fenómeno ha sido descrito por Ageep *et al.* (2009) para *An. arabiensis* en el norte de Sudán, quienes reportaron que las fluctuaciones poblacionales de esta especie eran inversas a las crecidas del río Nilo. La reducción de la densidad al comienzo del periodo de lluvia es un hecho que ha sido verificado por diferentes autores. La mayoría coincide en que en las regiones tropicales, las variaciones estacionales de las poblaciones de mosquitos están relacionadas con el régimen pluvial local, que afecta la disponibilidad y el tamaño de los hábitats acuáticos, lo cual eventualmente podría favorecer a aquellas especies que explotan hábitats permanentes permitiéndoles tener poblaciones más estables a lo largo del año (Galardo *et al.*, 2009; Grillet, 2000; Hiwat & Bretas, 2011; Tadei *et al.*, 1998). Durante el periodo de sequía el número de hábitats acuáticos se reduce así como su tamaño, persistiendo solo los hábitats permanentes en áreas soleadas como lagos y lagunas, pero se incrementa el número de hábitats temporales por el estancamiento de quebradas y ríos y la formación de charcas en áreas boscosas. Al comienzo del periodo de lluvias se expanden los sitios de reproducción por efecto del desborde de los ríos e inundaciones, pero los hábitats permanentes como lagunas, ríos y caños son afectados por el fenómeno de lavado, de tal manera que los periodos de transición son los más favorables para las poblaciones de larvas como lo indica la evidencia (Achee *et al.*, 2006; Charlwood, 1996; Galardo *et al.*, 2009; Scorza *et al.*, 1981; Souza-Santos, 2002).

En general, el efecto de la lluvia sobre las poblaciones de anofelinos es diferencial y dependerá del tipo de hábitat que las especies colonicen; sin embargo, se ha demostrado que este panorama puede cambiar totalmente por efecto del factor humano. En realidad, existen evidencias que sugieren que actividades humanas con cambios en el uso de la tierra como agricultura, urbanización y minería, puede alterar la relación de los mosquitos con el régimen de lluvias al alterar la disponibilidad y la calidad de los hábitats (Gomes *et al.*, 2008; Moreno *et al.*, 2000; Vittor *et al.*, 2009), tal como ocurre en el área de este estudio por la actividad minera. En consecuencia, este es un tema que debe ser investigado con mayor profundidad, en virtud de que puede ser de gran importancia en el diseño de estrategias de control vectorial eficientes.

Conflicto de intereses

Los autores manifiestan que no hubo conflicto de intereses con persona o institución alguna en ninguna de las etapas de ejecución de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dirección de Salud Ambiental del Estado Bolívar por el apoyo logístico recibido a lo largo del proyecto. Asimismo, a las comunidades del área de estudio por la receptividad mostrada durante la ejecución del trabajo. Este Proyecto fue financiado parcialmente por el Servicio Autónomo Instituto de Altos Estudios "Dr. Arnoldo Gabaldon, el FONACIT mediante el convenio N° 2002000410 e Inter-American Institute for Global Change Research (IAI-CRN-048).

REFERENCIAS

- Achee N. L., Grieco J. P., Rejmankova E., Andre R. G., Vanziel E., Polanco J., *et al.* (2006). Biting pattern and seasonal densities of *Anopheles* mosquitoes in the Cayo District, Belize, Central America with emphasis on *An. darlingi*. *J. Vector Ecology*. **31**: 45-57.
- Ageep T. B., Cox J., Hassan M. M., Knols B. G. J., Benedict M. Q., Malcolm C. A., *et al.* (2009). Spatial and temporal distribution of the malaria mosquito *Anopheles arabiensis* in northern Sudan: influence of environmental factors and implications for vector control. *Malaria Journal*. **8**: 123 doi: 10.1186/1475-2875-8-123.
- Belkin J. N., Hoge C. H. L., Galindo P., Aitken T. H. G., Schick R. X. & Powder W. A. (1965). Mosquito studies (Diptera, Culicidae) II. Methods for the collection, rearing and preservation of mosquitoes. *Contrib. Amer. Ent. Inst.* **1**: 20-78.
- Berti J., Vanegas C., Amarista J., Gonzalez J., Montañez H., Castillo M., *et al.* (1998). Inventario Preliminar y observaciones biológicas sobre los anofelinos (Diptera: Culicidae) de una región minera del estado Bolívar, Venezuela. *Bol. Entomol. Venez.* **13**: 17-26.
- Berti-Moser J., Gonzáles-Rivas J. & Navarro E. (2008). Fluctuaciones estacionales y temporales

- de la densidad larvaria de *Anopheles darlingi* Root (Diptera: Culicidae) y familias de insectos asociados al hábitat en El Granzón, Parroquia San Isidro, Municipio Sifontes del estado Bolívar, Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.* **48**: 177-189.
- Brochero H., Pareja P. X., Ortiz G. & Olano V. A. (2006). Sitios de cría y actividad de picadura de especies de *Anopheles* en el municipio de Cimitarra, Santander, Colombia. *Biomédica.* **26**: 269-77.
- Charlwood J. D. (1996). Biological variation in *Anopheles darlingi* Root. *Mem. Ints. Oswaldo Cruz.* **91**: 391-398.
- Conn J. A., Wilkerson R. C., Segura M. N. O., de Souza R. T. L., Schlichting C. D., Wirtz R.A., et al. (2002). Emergence of a new neotropical malaria vector facilitated by human migration and changes in land use. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **66**: 18-22.
- DGSA (2013). Reporte epidemiológico semanal. Año 19, semana epidemiológica N° 52. Programa Nacional de Control de Malaria. Dirección General de Salud Ambiental. Maracay.
- Faran M. E. & Linthicum K. J. (1981). A handbook of the Amazonian species of *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) (Diptera: Culicidae). *Mosq. Syst.* **13**: 1-81.
- Forattini O. P. (1987). Comportamento exofilo de *Anopheles darlingi* Root, em região meridional do Brasil. *Rev. Saúde Pública.* **21**: 291-304.
- Fuerza Aérea Venezolana (1993-2003). Datos climatológicos, estación Tumeremo.
- Gabaldon A. (1981). *Anopheles nuneztovari*: importante vector y agente de malaria refractaria en Venezuela. *Bol. Dir. Malariol. & San. Amb.* **21**: 28-38.
- 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 Brazilian Amazon. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **76**: 461-469.
- Galardo A. K. R., Zimmerman R. H., Lounibos L. P., Young L. J., Galardo C. D., Arruda M., et al. (2009). Seasonal abundance of anopheline mosquitoes and their association with rainfall and malaria along the Matapí River, Amapá, Brazil. *Med. Vet. Entomol.* **23**: 335-349.
- Girod R., Gaborit P., Carinci R., Issaly J. & Fouque F. (2008). *Anopheles darlingi* bionomic and transmission of *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax* and *Plasmodium malariae* in Amerindian villages of the Upper-Maroni Amazonian forest, French Guiana. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **103**: 702-710.
- Gomes E. C. S., Albuquerque C. M. R., de Souza J. R. B., Arruda M. E. & Confalonieri U. E. C. (2008). Structure of *Anopheles* (Diptera: Culicidae) population in areas with different degrees of human settlement: Cantá - Roraima - Brazil. *Acta Amazonica.* **38**: 321-329.
- Grillet M. E. (2000). Factors Associated with Distribution of *Anopheles aquasalis* and *Anopheles oswaldoi* (Diptera: Culicidae) in a Malarious Area, Northeastern Venezuela. *J. Med. Entomol.* **37**: 231-238.
- Grillet M. E., Legendre P. & Borcard D. (2002). Community structure of Neotropical wetland insects in Northern Venezuela. I. Temporal and environmental factors. *Archives für Hydrobiologie.* **155**: 413-436
- Guevara D. J. M. (2003). *Métodos de estimación y ajuste de datos climáticos* (2da ed.). Caracas. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela, 128 p.
- Guimarães A. E., Gentile C., Alencar J., Macedo L. C. & Pinto de Melo R. (2004). Ecology of Anopheline (Diptera, Culicidae), malaria vectors around the Serra de Mesa reservoir, State of Goiás, Brazil. 1 - Frequency and climatic factors. *Cad. Saúde Pública.* **20**: 291-302.
- Hach Company. Hach Water Analysis Handbook. Hach Company, 1985, 1986, 1987. 11-18-87-9ED, 445 pp.
- Hiwat H. & Bretas B. (2011). Ecology of *Anopheles darlingi* Root with respect to vector importance: a review. *Parasites & Vectors.* **4**: 177. doi:10.1186/1756-3305-4-177.

- Hudson J. E. (1984). *Anopheles darlingi* Root (Diptera: Culicidae) in the Suriname rain forest. *Bull. Ent. Res.* **74**: 129-142.
- León C. W., Valle T. J., Naupay O. R., Tineo V. E., Ángel A. A. & Palomino S. M. (2003). Comportamiento estacional del *Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi* Root 1926 en localidades de Loreto y Madre de Dios, Perú 1999-2000. *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Pública.* **20**: 22-27.
- Lourenço-de-Oliveira R., Guimaraes A. E. D. G., Arlé M., da Silva T. F., Castro M. G., Albuquerque M. M., *et al.* (1989). Anopheline species, some of their habits and relation to malaria in endemic areas of Rondônia state, Amazon region of Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **84**: 501-514.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR) (1993-2003). Registros climatológicos, estación Anacoco.
- Barros F. S. M. d. & Honório N. A. (2007). Man biting rate seasonal variation of malaria vectors in Roraima, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **102**: 299-302.
- Barros F. S. M. d, Arruda M. E., Gurgel H. C. & Honório N. A. (2011a). Spatial clustering and longitudinal variation of *Anopheles darlingi* (Diptera: Culicidae) larvae in a river of the Amazon: the importance of the forest fringe and of obstructions to flow in frontier malaria. *Bull. Entomol. Res.* **6**: e22388. doi:10.1371.
- Barros F. S. M. d, Honório N. A. & Arruda M. E. (2011b) Survivorship of *Anopheles darlingi* (Diptera: Culicidae) in Relation with Malaria Incidence in the Brazilian Amazon. *PLoS ONE* **6(8)**: e22388. doi:10.1371/journal.pone.0022388
- Moreno J. E. & Rubio-Palis Y. (2003). Primer reporte de *Anopheles (Anopheles) costai* y *A. forattinii* (Diptera: Culicidae) en Venezuela. *Entomotropica*, **18**: 211-213.
- Moreno J. E., Acevedo P., Martínez A., Sánchez V. & Petterson L. (2010). Evaluación de la persistencia de una formulación comercial de *Bacillus sphaericus* en criaderos naturales de anofelinos vectores de malaria en estado Bolívar, Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.* **50**: 109-117.
- Moreno J. E., Martínez A, Acevedo P, Sánchez V., *et al.* (2014). Evaluación preliminar de la eficiencia de *Bacillus sphaericus* en un área endémica a malaria del estado Bolívar, Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.* **54**: 19-28.
- 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. & 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., Rubio-Palis Y., Sánchez V. & Mariany D. (2004). Primer registro de *Anopheles (Nyssorhynchus) nuneztovari* Gabaldon, 1940 (Diptera: Culicidae) en el estado Bolívar y sus implicaciones eco-epidemiológicas. *Entomotropica.* **19**: 55-58.
- Navarro J. C. (1996). Actualización taxonómica de la tribu Anophelini de Venezuela, con nueva clave para la identificación de larvas de 4to estadio. *Bol. Dir. Malariol & San. Amb.* **35**: 25-43.
- Rosero D. A., Naranjo-Diaz N., Alvarez N., *et al.* (2013). Colombian *Anopheles triannulatus* (Diptera: Culicidae) Naturally Infected with *Plasmodium* spp. *ISRN Parasitology*, vol. 2013, Article ID 927453, 10 pages. doi:10.5402/2013/927453
- Rozendal J. A. (1990). Observation on the distribution of anopheline in Suriname with particular reference to the malaria vector *Anopheles darlingi*. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **85**: 221-234.

- Rubio-Palis Y. & Curtis C. F. (1992). Biting and resting behavior of anophelines in western Venezuela and implications for control of malaria transmission. *Med. Vet. Entomol.* **6**: 325-334.
- Rubio-Palis Y., Menare C., Quinto A., Magris M. & Amarista M. (2005). Caracterización de criaderos de anofelinos (Diptera: Culicidae) vectores de malaria del Alto Orinoco, Amazonas, Venezuela. *Entomotropica.* **20**: 29-38.
- Rubio-Palis Y., Ruíz-López F., Guzmán H., Sánchez V., Moreno J. E., Estrada Y., *et al.* (2013). Primer registro de *Anopheles (Nyssorhynchus) oswaldoi* B y *Anopheles (Nys.) albitarsis* F en la cuenca del río Caura, Estado Bolívar, Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.* **53**: 68-72.
- Rubio-Palis Y., Wirtz R. R. & Curtis C. F. (1992). Malaria entomological inoculation rates In western Venezuela. *Acta Tropica.* **52**: 167-174.
- Scorza J. V, Rodríguez M. & Moreno G. (1977). Ecología de las larvas de *Anopheles nuneztovari* Gabaldon 1940, en El Vigía, Mérida, Venezuela. IV. Variaciones de las densidades larvarias en dos criaderos naturales de *Anopheles nuneztovari* y sus relaciones con el régimen bimodal de precipitación de la región occidental de Venezuela. *Bol. Dir. Malariol. & San. Amb.* **22**: 280-294.
- Scorza J. V, Rodríguez M. & Moreno G. (1981). Ecología poblacional de *Anopheles nuneztovari* Gabaldon 1940, en el occidente de Venezuela. *Bol. Dir. Malariol. & San. Amb.* **21**: 1-27.
- Silva-do-Nascimento T. F. & Lourenço-de-Oliveira R. (2007). Diverse population dynamics of three *Anopheles* species belonging to the *Triannulatus* Complex (Diptera: Culicidae) *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **102**: 975-982.
- Sinka M. E., Bangs M. J., Manguin S., Rubio-Palis Y., Chateoviriyaphap T., Coetzee M., *et al.* (2012). A global map of dominant malaria vectors. *Parasit. & Vectors.* **5**: 69. DOI: 10.1186/1756-3305-5-69.
- Sinka M. E., Rubio-Palis Y., Manguin S., Patil A. P., Temperley W. H., Gething P. W., *et al.* (2010). The dominant *Anopheles* vectors of human malaria in the Americas: occurrence data, distribution maps and bionomic précis. *Parasit. & Vectors.* **3**: 72. doi:10.1186/1756-3305-3-72.
- Souza-Santos R. (2002). Distribuição sazonal de vetores da malaria em Machadinho d'Oeste, Rondônia, Região Amazônica, Brasil. *Cad. Saúde Pública,* **18**: 1813-1818
- SPSS Para Windows, version 15.0 (22 nov 2006). SPSS Inc, 1989-2006.
- Tadei W. P., Thatcher B. D., Santos J. M., Scarpassa V. M., Rodrigues I. B. & Rafael M. S. (1998). Ecologic observations on anopheline vectors of malaria in the Brazilian Amazon. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **59**: 325-335.
- Vittor A. Y., Pan W., Gilman R.H., Tielsch J., Glass G., Shields T., *et al.* (2009). Linking Deforestation to Malaria in the Amazon: Characterization of the Breeding Habitat of the Principal Malaria Vector, *Anopheles darlingi*. *Am. J. Trop. Med & Hyg.* **81**: 5-12

Recibido el 12/08/2014
Aceptado el 03/04/2015