

## Artículos Originales

### Caracterización de hábitats larvales de anofelinos en el municipio Sifontes del estado Bolívar, Venezuela

#### *Characterization of anophelines larval habitats in the municipality of Sifontes, Bolívar State, Venezuela*

Jorge E. Moreno<sup>1\*</sup>, Yasmin Rubio-Palis<sup>2,3</sup>, Víctor Sánchez<sup>2</sup> & Ángela Martínez<sup>4</sup>

#### RESUMEN

El municipio Sifontes, ubicado en el noreste del estado Bolívar, constituye el principal foco de malaria de Venezuela. Durante el quinquenio 2010-2014, se registró en el municipio un aumento considerable de la morbilidad con una fuerte tendencia al incremento, cerrando 2014 con la cifra record de 51.603 casos, 58% de la malaria del país en el año. Con el objeto de estudiar la distribución espacial de las larvas de anofelinos en los hábitats acuáticos y su relación con las variables ambientales, se hicieron colectas mensuales de larvas en hábitats representativos de los diferentes tipos existentes en la zona, entre septiembre 2002 y diciembre 2003. El Análisis de Correspondencia Canónica (CANOCO) indica que a nivel de hábitat (humedal), la presencia de las especies de *Anopheles* está determinada por el tipo y la dinámica hídrica del hábitat, mientras que a nivel de microhábitat (cucharonazo) las especies se ubican a lo largo de un gradiente dominado por el tipo de vegetación, y en menor grado por la luz solar y el color aparente del agua. Esto permitió establecer grupos de especies *a priori*, tales como las del subgénero *Nyssorhynchus*, asociadas a la luz solar y a ciertas plantas acuáticas, o las de los subgéneros *Anopheles* y *Stethomyia*, *An. (Lophopodomomyia) squamifemur* y *Chagasia bonneae* asociadas a ambientes sombreados y carentes de vegetación. Los resultados ayudan a comprender mejor la relación de las especies de anofelinos con el medio ambiente y resaltan la importancia de variables como la dinámica hídrica, luz solar, vegetación y color aparente del agua para determinar su ocurrencia en el hábitat acuático.

**Palabras clave:** *Anopheles albitarsis* s.l., *Anopheles darlingi*, *Anopheles braziliensis*, *Anopheles nuneztovari* s.l., *Anopheles oswaldoi* s.l., *Anopheles triannulatus* s.l., CANOCO.

#### SUMMARY

The Municipality of Sifontes, located in the northeast of Bolivar State, is the main malaria foci in Venezuela. A considerable increase in malaria morbidity was recorded in the Municipality during the decade 2010-2014, with a record figure of 51.603 cases for 2014, 58% of the malaria for the country. In order to study the spatial distribution of anopheline immature stages in the larval habitats and its relation to environmental variables, monthly collections were carried out in larval habitats representatives of the different types present in the area between September 2002 and December 2003. The Canonic Correspondance Analysis (CANOCO) showed that at the larval habitat level the *Anopheles* species is determined by the type and dynamics of the habitat, while at the microhabitat level (dip) the species are located along a gradient dominated by the type of vegetation, and in a lesser degree by the exposure to sun light and apparent water color. These allowed to established group of species *a priori*, such as those of the subgenus *Nyssorhynchus* associated to sun light and certain aquatic plants, or the subgenus *Anopheles* and *Stethomyia*, *An. squamifemur* and *Chagasia bonneae* associated to shaded environments and lack of vegetation. The results help to understand the relationship of anopheline species with the environment and the importance of variables such as water dynamics, sun light, vegetation and water apparent color to determine its occurrence in the larval habitat.

**Key words:** *Anopheles albitarsis* s.l., *Anopheles darlingi*, *Anopheles braziliensis*, *Anopheles nuneztovari* s.l., *Anopheles oswaldoi* s.l., *Anopheles triannulatus* s.l., CANOCO.

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones de Campo "Dr. Francesco Vitanza", Servicio Autónomo Instituto de Altos Estudios "Dr. Arnoldo Gabaldón" (MPPS). Tumeremo, estado Bolívar. Venezuela.

<sup>2</sup> Centro de Estudio de Enfermedades Endémicas y Salud Ambiental, Servicio Autónomo Instituto de Altos Estudios "Dr. Arnoldo Gabaldón" (MPPS). Maracay, estado Aragua. Venezuela.

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad de Carabobo, Maracay, estado Aragua. Venezuela.

<sup>4</sup> Instituto de Salud Pública del Estado Bolívar, Ciudad Bolívar, estado Bolívar. Venezuela.

\* Autor de correspondencia: joreremo@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

El municipio Sifontes del estado Bolívar, es considerado el principal foco endémico de malaria en Venezuela. Durante el quinquenio 2010-2014, se originaron en promedio 35.819 casos anuales, con una fuerte tendencia al incremento, cerrando 2014 con la cifra record de 51.603 casos, 58% de la malaria del país en el año [Ministerio del Poder Popular para la Salud (MPPS), 2014]. El crecimiento de la malaria en este municipio en los últimos años, pudiera estar asociado a la minería artesanal de oro, debido a la deforestación y alteración de la hidrología superficial que provoca, propiciando la aparición de nichos adecuados para la reproducción de anofelinos (Grillet *et al.*, 2014).

En esta zona, se han llevado a cabo algunos estudios de ecología de larvas de anofelinos. Uno de ellos es el de Berti *et al.* (1998), quienes en un inventario preliminar reportaron 10 especies de *Anopheles* Meigen, entre las cuales destaca *An. (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, bionomía y ecología de las especies de *Anopheles* presentes en el área, tanto de larvas como de adultos (Moreno, 2000; Moreno *et al.*, 2000; 2007; 2009; 2015). Al respecto, Moreno *et al.* (2000) reportaron la presencia en el área de 12 especies de *Anopheles*, estando entre las especies más abundantes, en orden decreciente, *An. (Nyssorhynchus) triannulatus* Neiva y Pinto *sensu lato*, *An. (Nyssorhynchus) albitarsis* Lynch Arribalzaga *s.l.* (= *An. marajoara* Galvão y Damasceno) y *An. darlingi*, correspondiendo a la primera especie 68% del material colectado. Luego fue anexada *An. (Anopheles) costai* (Fonseca & Ramos) a la lista de especies presentes en el área y posteriormente *An. nuneztovari s.l.* (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 las charcas producidas por la actividad minera constituían los principales hábitats para *An. albitarsis s.l.* y *An. darlingi*, especies involucradas en la transmisión de malaria (Moreno *et al.*, 2009).

Sin embargo, aún persisten muchos aspectos desconocidos sobre la ecología de las especies de

anofelinos en el área, debido, entre otras cosas, a las dificultades para obtener muestras suficientemente grandes de especies como *An. darlingi*, lo que ha limitado las oportunidades de estudio (Charlwood, 1996). Por tal razón, en este trabajo se explora la asociación entre la abundancia y la distribución de las larvas de anofelinos en el hábitat y el microhábitat, con las características ambientales de los hábitats acuáticos, mediante el uso de técnicas de análisis multivariado, con la finalidad de aprovechar su valor predictivo de la presencia de las especies; aspecto que ha sido investigado previamente en Venezuela por Rejmánková *et al.* (1999), especialmente en lo referente a su relación con la vegetación acuática dominante.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Muestreo de hábitats acuáticos de anofelinos*

En el lapso comprendido entre septiembre 2002 y diciembre 2003 se realizó un muestreo en trece hábitats acuáticos de anofelinos de seis tipos diferentes, ubicados a lo largo de la transecta formada por la carretera troncal 10 que cruza el municipio de norte a sur. Las características y tipos de hábitats muestreados, así como el paisaje, la ecología y demografía del municipio han sido previamente descritos (Moreno *et al.*, 2007; 2010; 2015). En cada uno de los hábitats se hizo un muestreo cada mes durante 16 meses, tomándose 30 muestras no aleatorias en seis puntos diferentes del hábitat seleccionado de acuerdo a criterio de experto, con un cucharón de cono truncado de 1,5 L de capacidad. Se tomó registro *in situ* en cada muestreo de las variables ambientales más importantes, tales como el grado de exposición solar del hábitat, dinámica hídrica e hidroperíodo. De acuerdo a la exposición solar se categorizaron los hábitats en: totalmente sombreados, parcialmente sombreados o totalmente soleados; en cuanto a la dinámica hídrica se clasificaron en hábitats estancados, de corriente lenta y corriente rápida; y según el hidroperíodo en: permanentes, si contenían agua durante todo el año; estacionales, si solo conservan agua durante la temporada de lluvias; y temporales, si solo contienen agua durante pocos días (Grillet *et al.*, 2002; Moreno *et al.*, 2015). Asimismo, el color aparente del agua fue registrado en tres categorías cualitativas apreciadas visualmente: agua marrón, con mucho material sólido en suspensión; agua color ámbar, rica en materia orgánica y agua

crystalina (Moreno *et al.*, 2015). También se midieron algunas variables físico-químicas tales como pH, conductividad, temperatura y sólidos disueltos totales (SDT) al momento del muestreo, utilizándose para el registro de las variables físico-químicas un equipo portátil M-90 Checkmate<sup>SM</sup> de Corning Inc. La presencia de vegetación acuática fue cuidadosamente registrada, haciéndose una estimación visual del porcentaje de cobertura del hábitat y de los tipos dominantes, identificándolas a nivel de familia y género, o especie en algunos casos de plantas muy comunes (Moreno *et al.*, 2015).

#### *Identificación de especies de anofelinos*

Debido a la presencia en los hábitats de más de una especie, el contenido de cada cucharón fue observado individualmente, lo cual permitió la identificación previa de los especímenes *in vivo*, mediante la observación con lente de 10x en microscopio compuesto, de caracteres taxonómicos conspicuos en larvas de IV estadio que caracterizan a cada una de estas especies, y que permiten identificarlas con facilidad mediante el uso de claves taxonómicas (Faran & Linthicum, 1981; Navarro, 1996). De esta forma, basándose en el conocimiento previo que se tiene sobre la fauna anofelina en los hábitats incluidos en el estudio, se identificaron las principales especies del subgénero *Nyssorhynchus* Blanchard y de otros subgéneros de *Anopheles*, previamente reportadas por Moreno *et al.* (2000). En los casos dudosos, la larva viva fue desarrollada hasta la fase adulta para la confirmación de la identidad de la especie mediante la aplicación de técnicas de colección asociada, según la metodología descrita por Belkin *et al.* (1965).

#### *Análisis multivariado*

Mediante el programa MVSP versión 3.13 (Copyright© 1985-2007 Kovach Computing Services), se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (CANOCO) (ter Braak & Smilauer, 1998) con variables seleccionadas previamente para extraer la máxima variación explicada por las variables ambientales y determinar la ubicación ecológica óptima, que favorece la ocurrencia y abundancia de las especies. El set de variables de especies estuvo constituido por datos cuantitativos de abundancia de 11 especies de anofelinos colectadas durante el estudio, entre las cuales se incluyeron especies no

identificadas de los subgéneros *Anopheles* Meigen y *Stethomyia* Theobald. El set de variables ambientales estuvo constituido por 35 variables, de las cuales 17 describen las características físicas del hábitat y su dinámica hídrica e hidroperíodo, cuatro las físico-química del agua y 13 son variables de vegetación hidrófila y detrito. Las características físicas del hábitat y la vegetación están constituidas por variables dicotómicas de presencia y ausencia codificados con uno y cero respectivamente, mientras que las variables físico-químicas están constituidas por mediciones cuantitativas expresadas en las unidades naturales de cada variable.

Los datos fueron organizados en dos matrices correspondientes a dos escalas espaciales diferentes. En primer lugar, una matriz en la cual la unidad de muestreo fue el hábitat positivo (escala de hábitat), conformada por 166 casos, estando las variables de especie representadas por el promedio de larvas colectadas en 30 cucharonazos (réplicas), y las variables ambientales representadas por las características abióticas del hábitat, tales como tipo, dinámica hídrica, hidroperíodo y valores físico-químicos del agua. En segundo lugar, una matriz en la cual la unidad de muestreo fue el cucharonazo positivo (escala de microhábitat), conformada por 1.789 casos, estando las variables de especie representadas por el número de larvas de cada especie colectadas por cucharonazo y las variables ambientales constituidas por los elementos de vegetación (familia ó género) y exposición a la luz solar (luz-sombra) registrados *in situ* en cada cucharonazo.

## RESULTADOS

#### *Abundancia de anofelinos por tipo de hábitat*

En el lapso comprendido entre septiembre 2002 y diciembre 2003, se muestrearon longitudinalmente cada mes; dos lagunas de sabana, tres herbazales, cuatro lagunas de bosque, dos caños o quebradas, un río y un pantano, los cuales suman trece hábitats y 178 muestreos de 30 cucharonazos cada uno, para un total de 5.340 cucharonazos. Dos lagunas, un herbazal y el río, se secaron completamente durante enero y febrero, los meses de sequía más intensa. Las muestras estuvieron constituidas de la siguiente manera: lagunas de sabana 1.080 cucharonazos, lagunas de bosque 1.410, caños 1.290, herbazal 690, río 480, y pantano 390,

capturándose 8.073 larvas de anofelinos de todos los estadios en estos hábitats. Los valores de las variables físico-químicas de pH, conductividad, temperatura y SDT, así como dinámica hídrica y color aparente del agua observados en los hábitats están resumidos en la Tabla I.

En la Tabla II se resume la cantidad de larvas colectadas por especie de anofelino y tipo de hábitat durante todo el estudio, distribuidas en 10 especies 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* Gabaldon *s.l.* (1,6%), *An. oswaldoi s.l.* (Peryassu) (1,2%) y *An. strodei* Root *s.l.* (0,3%), en ese orden. *Anopheles triannulatus s.l.*, además de ser la especie más abundante, también fue la más ubicua, estando presente de manera importante en todos los tipos de hábitats (Tabla II). *Anopheles braziliensis*, *An. albitarsis s.l.*, *An. nuneztovari s.l.* y *An. strodei s.l.* muestran una clara preferencia por los hábitats de agua estancada, mientras que *An. darlingi* fue colectado indistintamente en hábitats estancados

**Tabla I. Valores promedio de las variables físico-químicas y características dominantes de dinámica hídrica y color aparente del agua observadas en los hábitats**

Tipo de hábitat	Temp.	Cond.	pH	SDT	Dinámica	Color
Laguna de bosque	29,3	46,4	5,9	27,1	estancada	ámbar
Laguna de sabana	31,3	39,5	6,5	20,2	estancada	ámbar
Herbazal	29,5	57,4	5,9	31,4	estancada	ámbar
Pantano	22,5	11,3	4,3	5,6	estancada	ámbar
Caño	26,5	19,9	4,9	8,1	lenta	cristalina
Río	29,5	81,0	6,0	40,4	lenta	ámbar

Temp. = temperatura del agua (°C), Cond. = conductividad (µS/cm), SDT = sólidos disueltos totales (mg/L).

**Tabla II. Número total de larvas identificadas por tipo de hábitat para cada especie de anofelino**

Especie	Laguna de bosque	Laguna de sabana	Herbazal	Pantano	Caño	Río	Total
<i>An. triannulatus s.l.</i>	1.985	1.311	117	148	59	572	4.192
<i>An. braziliensis</i>	0	227	348	0	0	0	575
<i>An. albitarsis s.l.</i>	598	749	432	2	0	1	1.782
<i>An. darlingi</i>	237	0	0	1	23	101	362
<i>An. nuneztovari s.l.</i>	126	0	0	0	0	2	128
<i>An. strodei</i>	23	0	0	0	0	0	23
<i>An. oswaldoi s.l.</i>	50	0	0	3	44	0	97
<i>An. squamifemur</i>	0	0	0	0	15	0	15
<i>An. (Anopheles) sp.</i>	0	0	0	9	10	0	19
<i>An. (Stethomyia) sp.</i>	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
<b>Total</b>	<b>3.376</b>	<b>2.428</b>	<b>953</b>	<b>209</b>	<b>371</b>	<b>736</b>	<b>8.073</b>

o con corriente. También se colectaron larvas de *An. (Lophopodomyia) squamifemur* Antunes (0,2%) y especies no identificadas de los subgéneros *Anopheles* (0,2%) y *Stethomyia* (0,5%), y una del género *Chagasia* (1,8%) posteriormente identificada como *Ch. bonneae* Root. Estas últimas especies y *Ch. bonneae*, se colectaron con mayor frecuencia en los hábitats con corriente tipo caño y río (Tabla II).

En las lagunas de sabana se colectaron solo tres especies de anofelinos, siendo los hábitats con menor diversidad de especies junto con el herbazal (Tabla II). No obstante, en estos hábitats se colectaron 2.428 (30,1%) larvas de todas las especies, siendo el segundo en este renglón 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%) (Tabla II). En las lagunas de bosque, el hecho de poseer áreas soleadas y sombreadas las convierte en los hábitats con mayor diversidad junto con los caños, y uno de los de mayor abundancia. En las lagunas de bosque se colectaron 3.376 (41,8%) larvas distribuidas en ocho especies de anofelino, siendo la más abundante *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. oswaldoi s.l.* (1,5%) y *An. strodei* (0,7%), además cuatro larvas del subgénero *Stethomyia* y dos de *Ch. bonneae* (Tabla II). En los herbazales, hábitats de baja diversidad de especies y abundancia intermedia, se colectaron 953 larvas de tres especies de anofelinos, siendo la más abundante *An. albitarsis s.l.* con 432 (45,3%) larvas colectadas, seguida de *An. braziliensis* 348 (36,5%) y *An. triannulatus s.l.* 117 (12,3%) (Tabla II).

En el río, las charcas formadas durante la época seca y los cúmulos de vegetación flotante durante la época de lluvias, constituyen excelentes hábitats para *An. triannulatus s.l.* y son el principal hábitat de *An. darlingi* en la región, eventualmente se pueden colectar larvas de *An. albitarsis s.l.* y *An. nuneztovari s.l.* En los caños, pese a que ocuparon el segundo lugar en diversidad, las especies del subgénero *Nyssorhynchus* son escasas, solo se colectaron 59 (15,9%) larvas de *An. triannulatus s.l.*, 44 (11,9%) de *An. oswaldoi s.l.* y 23 (6,2%) de *An. darlingi*. La especie más abundante en los caños fue *Ch. bonneae* con 140 (37,7%) larvas colectadas, especie que es frecuentemente colectada en este tipo de hábitat junto con larvas de *An. squamifemur*

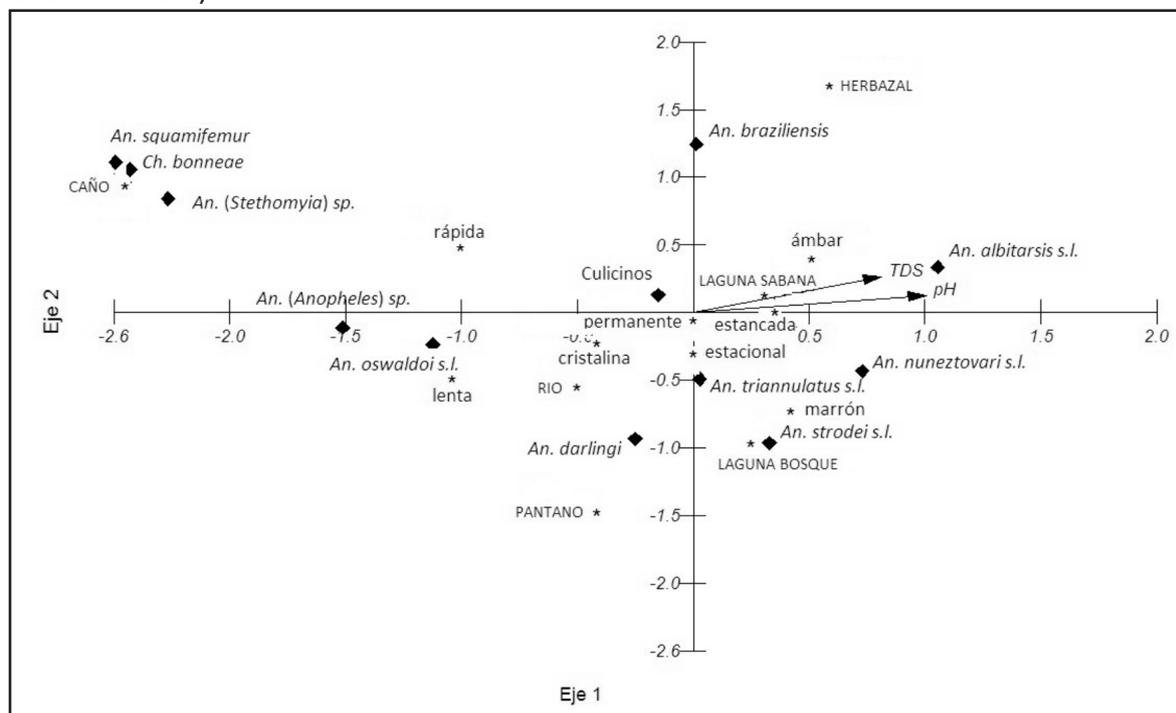
(4,0%), *An. (Stethomyia) sp.* (9,7%) y *An. (Anopheles) sp.* (2,7%) (Tabla II). Por último, los pantanos fueron los hábitats de más baja abundancia con 148 (70,8%) larvas de *An. triannulatus s.l.* colectadas junto con algunos especímenes del subgénero *Anopheles*, *An. oswaldoi s.l.*, *An. albitarsis s.l.* y *An. darlingi* (Tabla II).

#### Distribución de las especies en el hábitat

Los autovalores en un Análisis de Correspondencia Canónica (CANOCO) miden la importancia de cada eje para explicar la varianza de la relación especies-ambiente. En el caso de la relación de las especies de anofelinos con el hábitat (cuerpo de agua), los valores absolutos para el primer y segundo eje fueron 0,25 y 0,19 respectivamente, mientras que el porcentaje acumulado de la varianza para las especies fue de 10,6 y 18,6% en cada eje, lo cual significa que el análisis explica satisfactoriamente menos de 19% de la varianza en la matriz de especies. Si bien este valor puede parecer bajo, hay que tener en cuenta que usualmente los datos de especies contienen mucho ruido, por lo que un CANOCO puede ser muy informativo aún explicando solo un poco de la varianza (ter Braak & Smilauer, 1998). En el caso de la varianza acumulada, el CANOCO acumula en el segundo eje 60,3% de la varianza explicada de las especies con respecto a las variables ambientales a escala de hábitat. Asimismo, la correlación de las especies con los gradientes ambientales es bastante elevada en ambos ejes, siendo 0,70 para el primero y 0,75 para el segundo, lo que sugiere que ambos gradientes tienen influencia en los datos, no habiendo mucha diferencia entre ambos. No obstante, los altos valores de correlación no necesariamente significan que una gran cantidad de varianza en las especies es explicada por las variables ambientales, ya que la varianza es explicada por los autovalores referidos antes (ter Braak & Smilauer, 1998)

En el diagrama de ordenación del CANOCO a escala de hábitat, mostrado en la Fig. 1, las especies de anofelinos se encuentran distribuidas a lo largo de patrones dominados por la dinámica hídrica y el tipo de hábitat. Basados en el conocimiento previo de la ecología de las especies en la zona (Moreno, 2000; Moreno *et al.*, 2000; 2015), se sabe que las especies ubicadas al lado derecho del diagrama, son frecuentes en hábitats de aguas estancadas, mientras que las ubicadas en el lado izquierdo son especies que pueden

**Fig. 1. Diagrama de ordenación de las especies de anofelinos (♦) con respecto a variables de hábitat: características fisicoquímicas, color aparente del agua (marrón, ámbar, cristalina); tipo de hábitat, hidropериодо (estacional, permanente) y dinámica hídrica (estancada, lenta, rápida). (TDS = sólidos disueltos totales).**



ser encontradas en hábitats con corriente; por lo tanto, el eje horizontal del diagrama puede ser interpretado como un gradiente de dinámica hídrica del hábitat. De la misma forma, el eje vertical puede ser interpretado con un gradiente de tipo de hábitat, que va desde el hábitat tipo herbazal en la parte superior al hábitat tipo pantano en la parte inferior. De esta manera, en un gradiente destacan *An. albitarsis s.l.*, *An. nuneztovari s.l.*, *An. strodei s.l.*, *An. triannulatus s.l.*, y en menor grado, *An. darlingi* asociados a hábitats tipo laguna de sabana y laguna de bosque, de dinámica hídrica estancada y agua color ámbar a marrón, destacándose en este grupo la asociación positiva de *An. albitarsis s.l.* con las variables físico-químicas de pH y SDT. En el otro extremo del gradiente están ubicadas *An. oswaldoi s.l.* y las especies del subgénero *Anopheles* asociadas a hábitats de corriente lenta, mientras que *An. darlingi* ocupa una posición intermedia entre estos dos grupos, colocándose entre los hábitats tipo laguna de bosque, pantano y río. Partiendo de la idea de que la proximidad implica similitud, la Fig. 1 muestra que *Ch. bonneae*, *An. (Stethomyia) sp.* y *An. squamifemur* comparten el mismo hábitat, mostrando afinidad por el hábitat tipo caño, estando asociadas

en menor grado a aguas cristalinas de corriente lenta, mientras que por otro lado, *An. braziliensis* se muestra claramente asociada al hábitat tipo herbazal, siendo éste el hábitat tipo para la especie.

#### Distribución de las especies en el microhábitat

Los valores del CANOCO para las especies de anofelinos con respecto a las variables de vegetación hidrófila y luz solar, a escala de microhábitat (cucharonazo), muestran que la variación de los datos es explicada en dos ejes, con valores absolutos de 0,30 y 0,11 para el primer y segundo eje respectivamente, asimismo, el porcentaje acumulado de la varianza es solo de 6,5% en el segundo eje, lo cual limita bastante el poder explicativo del análisis para la variación en las especies. Sin embargo, al restringir por variables ambientales el análisis mejora notablemente, elevándose a 72,4% el porcentaje acumulado de la varianza de las especies de anofelinos con respecto a las variables de vegetación y luz. Los valores de correlación especie-ambiente fueron de 61 y 39% para el primero y segundo eje respectivamente, indicando una influencia dominante del primer eje sobre el segundo.

Tal como lo indican los valores de correlación, el diagrama de ordenación muestra un primer eje horizontal dominante a lo largo del cual claramente hay un gradiente de tipos de vegetación (géneros), mientras que en el eje vertical se insinúan levemente gradientes dominados por la luz solar y el color aparente del agua (Fig. 2). De esta forma, en el cuadrante inferior izquierdo del diagrama destaca el grupo de especies formados por *An. squamifemur*, *An. (Stethomyia) sp.*, *An. (Anopheles) sp.* y *Ch. bonneae*. Estas especies están asociadas a un microhábitat sombreado, de agua cristalina y sin vegetación, mientras que *An. oswaldoi s.l.* y *An. darlingi*, si bien se encuentran en un microhábitat influenciado por la sombra, su ambiente está dominado por la presencia de vegetación acuática tales como los géneros *Pistia*, *Salvinia* y *Mayaca*, además de detrito. En el otro extremo del gradiente están *An. albitarsis s.l.* y *An. braziliensis* en un microhábitat dominado por la luz solar, agua ámbar y plantas como las gramíneas, algas verdes filamentosas, *Utricularia sp.*, *Ludwigia sp.* y *Eleocharis sp.*, esta última muy cercana a *An. braziliensis*. En otro grupo se encuentran *An.*

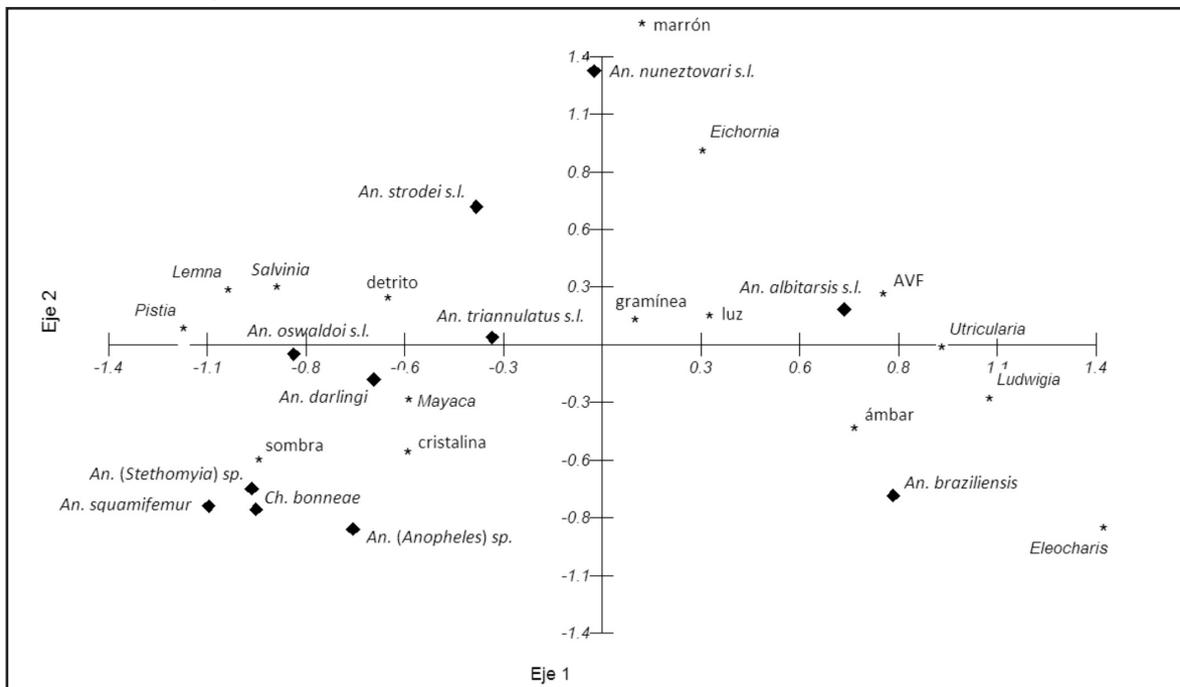
*nuneztovari s.l.* y *An. strodei s.l.*, la primera de ellas fuertemente asociada a hábitats de agua marrón con presencia de *Eichhornia crassipes*. Por último, *An. triannulatus s.l.*, dada su ubicación en el diagrama, tiende a ser una especie generalista en cuanto al color del agua, luz solar y presencia de vegetación acuática se refiere.

## DISCUSIÓN

### Distribución espacial de las larvas de anofelinos en el hábitat

En trece hábitats de seis tipos diferentes se colectaron 11 taxa de anofelinos, diez del género *Anopheles* más *Ch. bonneae*. De las especies de *Anopheles*, siete pertenecen al subgénero *Nyssorhynchus*: *An. braziliensis*, *An. darlingi*, *An. albitarsis s.l.*, *An. nuneztovari s.l.*, *An. oswaldoi s.l.*, *An. strodei s.l.* y *An. triannulatus s.l.*; una especie al subgénero *Lophopodomyia*, *An. squamifemur*; una especie al subgénero *Stethomyia* y una al subgénero *Anopheles*, estas dos últimas sin identificar.

**Fig. 2. Diagrama de ordenación de las especies de anofelinos (♦) con respecto a variables de microhábitat: color aparente del agua (marrón, ámbar, cristalina); tipos de vegetación hidrofílica (tipos y géneros) y exposición a la luz solar (luz y sombra) presentes en el sitio de inmersión del cucharón. (AVF = alga verde filamentososa).**



Esta lista difiere notablemente de la presentada anteriormente por Moreno *et al.* (2000), en cuanto al número e identidad de las especies, ya que no están presentes *An. punctimacula* Dyar & Sknab, *An. mediopunctatus* (Theobald), ni *An. neomaculipalpus* Curry, reportadas previamente en el municipio. Es muy posible que alguna de estas especies, o todas ellas, estén incluidas dentro del taxón identificado aquí como *An. (Anopheles)* sp. Tampoco están reportadas en este trabajo *An. eiseni* Coquillett ni *An. peryassui* Dyar & Knab, las cuales completan la lista de cinco especies del subgénero *Anopheles* reportadas por Moreno *et al.* (2000). En el caso de *An. mediopunctatus*, esta especie junto con *An. costai* y *An. forattinii* Wilkerson y Sallum, forman un grupo cuyos adultos hembras son indistinguibles entre sí (Wilkerson & Sallum, 1999); de estas tres, *An. costai* ha sido la única especie confirmada para el municipio por Moreno y Rubio-Palis (2003) a partir de especímenes identificados inicialmente como *An. mediopunctatus* (Moreno *et al.*, 2000). La ausencia de *An. eiseni*, *An. peryassui* y *An. argyritarsis* Robineau-Desvoidy, probablemente sea debida a que las hembras de estas especies oviponen en hábitats muy específicos ubicados fuera del rango de los incluidos en éste muestreo, tales como huecos de roca, huecos de árbol, manantiales y contenedores artificiales (Berti *et al.*, 1993; Forattini *et al.*, 1998; Rejmánková *et al.*, 1993). Por otro lado, el registro de nuevas especies del subgénero *Stethomyia*, podría contribuir al aumentar el número de especies de esta lista, y constituiría un gran aporte al conocimiento de la distribución geográfica de ese grupo, del cual se sabe muy poco. En conclusión, de lo señalado anteriormente, se deduce que el número de especies presentes en el área de estudio debe ser mayor al reportado en este trabajo.

En cuanto al subgénero *Nyssorhynchus*, *An. triannulatus s.l.* fue la especie más abundante, representando la cantidad de larvas de esta especie más de la mitad del total colectado. Asimismo, esta especie fue la de más amplia distribución, encontrándosele en todos los tipos de hábitats muestreados, siendo particularmente abundante en lagunas de bosque y lagunas de sabana, mientras que en los demás hábitats, si bien estuvo presente fue bastante escasa, confirmándose la distribución espacial de esta especie y su naturaleza ubicua en el municipio (Berti *et al.*, 1998; Moreno *et al.*, 2000). Esta especie parece preferir las charcas y lagunas a

pleno sol, según los resultados reportados de otros lugares de Venezuela, donde se ha colectado *An. triannulatus s.l.* en altas densidades, siendo casi siempre la especie más abundante en el hábitat (Berti *et al.*, 1993; 2008; Rejmánková *et al.*, 1999; Rojas *et al.*, 1992; Rubio-Palis *et al.*, 2005; 2010). Estas características de la especie, en cuanto a tipo de hábitat y abundancia, parecen ser un rasgo común a lo largo de su distribución geográfica en Suramérica, pues León *et al.* (2003) y Vittor *et al.* (2009) en Perú y Brochero *et al.* (2006) en Colombia, también colectaron *An. triannulatus s.l.* en altas densidades en charcas y estanques piscícolas a pleno sol.

*Anopheles albitarsis s.l.* (= *An. marajoara*) fue la segunda especie más abundante y ampliamente distribuida, encontrándosele en cinco de los seis tipos de hábitats, coincidiendo los resultados también en este caso, con lo señalado anteriormente por Moreno *et al.* (2000) para el municipio. No obstante, esta especie parece tener preferencia por las lagunas de sabana, lagunas de bosque y herbazales, pues a diferencia de *An. triannulatus s.l.* fue bastante escasa en los demás hábitats. Resultados similares han sido reportados por Berti *et al.* (1993) en el estado Sucre y Rojas *et al.* (1992) en Barinas. Según Faran & Linthicum (1981) *An. albitarsis s.l.* (= *An. marajoara* = *An. allopha*) es una especie cuyas larvas son frecuentes y abundantes en charcas, orilla de los lagos y pequeños pozos, pero siempre en aguas estancadas y a pleno sol. Estos resultados, acerca de la distribución espacial de la especie, son particularmente importantes dado el papel vectorial de esta especie en el municipio y a que su principal hábitat en el área lo constituyen las lagunas y charcas generadas por la actividad minera (Moreno *et al.*, 2000; 2007; 2009; 2015).

Con respecto a las demás especies del subgénero *Nyssorhynchus*, destaca la preferencia de *An. braziliensis* por el hábitat tipo herbazal, siendo la especie dominante en este tipo de hábitat que comparte con *An. albitarsis s.l.* y *An. triannulatus s.l.*, aunque se le encuentra también de manera importante en las lagunas. Según Faran & Linthicum (1981) el hábitat típico de *An. braziliensis* está representado por pozos y charcas de aguas claras, pantanos y arrozales, siempre a pleno sol o parcialmente sombreados, nunca completamente a la sombra. De igual manera, los resultados indican que *An. oswaldoi s.l.* fue colectado con mayor frecuencia en los hábitats tipo laguna de bosque y caño, coincidiendo con el trabajo

anterior de Moreno *et al.* (2000), en cual esta especie fue más abundante en lagunas y quebradas, siendo éstos básicamente los mismos tipos de hábitats. También en el estado Bolívar, en la cuenca del río Caura, Rubio-Palis *et al.* (2010) reportaron que *An. oswaldoi s.l.* fue más abundante en los caños y pantanos, correspondiendo esta última denominación a un bosque inundado por desborde del río (cubeta de decantación), mientras que en el estado Amazonas Rubio-Palis *et al.* (2005) reportan que la especie prefiere los hábitats tipo pozo y caño. Sin embargo, Berti *et al.* (1993) refieren que *An. oswaldoi s.l.* fue más abundante en marismas salobres afectadas por las mareas en el estado Sucre, a pesar de que también se le colectó abundantemente en lagunas y arroyos. Siendo las marismas salobres un hábitat poco frecuente para esta especie, es posible que en ese reporte haya habido errores de identificación, puesto que existen otros estudios de la misma área que reportan que *An. oswaldoi s.l.* fue más abundante en pequeñas charcas, ciénagas y canales, pero siempre en agua dulce (Grillet, 2000)

En general, entre las diferencias señaladas por diversos autores, emerge un patrón en cuanto al hábitat preferido por *An. oswaldoi s.l.* El hábitat tipo de esta especie está conformado por depósitos de agua estancada tales como charcas, pozos y lagunas, suelos inundados y pequeñas corrientes de agua similares a caños y quebradas, pero siempre en el interior del bosque o al borde de este, siendo la sombra la condición indispensable para su presencia, tal como lo señalan Faran & Linthicum (1981). Un rango tan amplio en cuanto al nicho ocupado por la especie como el señalado anteriormente, pudiera estar indicando la presencia de más de una especie dentro del taxón en Venezuela, aspecto que ha sido señalado por Rubio-Palis (2005). Al respecto, se ha sugerido que *An. oswaldoi s.l.* es un complejo en el cual hay por lo menos tres especies isomórficas; *An. oswaldoi s.s.* restringida al interior de áreas boscosas, *An. konderi* que ocupa espacios abiertos en áreas recién modificadas (Flores-Mendoza *et al.*, 2004), y *An. oswaldoi B* (Ruíz *et al.*, 2005), recientemente reportada para la cuenca del bajo Caura, en el municipio Sucre del estado Bolívar en Venezuela (Rubio-Palis *et al.*, 2013).

Para el subgénero *Nyssorhynchus* también se reportan dos nuevas especies no registradas en la lista de Moreno *et al.* (2000), *An. strodei s.l.*, señalada para

el municipio por Berti *et al.* (1998) y *An. nuneztovari s.l.*, la cual constituye un registro para el municipio de gran importancia epidemiológica, reportada previamente por Moreno *et al.* (2004). Estas dos especies fueron colectadas casi exclusivamente en lagunas de bosque, habiendo sido ya ambas especies colectadas juntas en charcas temporales y permanentes en Venezuela en el estado Barinas (Rojas *et al.*, 1992). De igual manera, Parra-Henao y Alarcón (2008) reportaron desde Colombia haber colectado larvas de *An. nuneztovari s.l.* en charcas turbias poco soleadas, mientras que Brochero *et al.* (2006) la colectaron exclusivamente en estanques piscícolas. Al igual que ocurre con *An. oswaldoi s.l.*, la situación taxonómica de *An. nuneztovari s.l.* no está clara en Venezuela, ya que pudiera haber más de una especie dentro de este taxón en el país, teniendo en cuenta que *An. dunhami* Causey y *An. goeldii* (Rozeboom & Gabaldón) fácilmente pueden ser confundidas con *An. nuneztovari s.l.* (Calado *et al.*, 2008; Peyton, 1993), por lo que es necesario confirmar la identidad de las especies presentes en Venezuela

Es necesario resaltar la distribución espacial de *An. darlingi*, dada su gran importancia vectorial en el área de estudio (Moreno *et al.*, 2007; 2009). Tradicionalmente *An. darlingi* ha sido descrita como una especie riverense, cuyos hábitats preferidos lo constituyen arroyos en el bosque, bosques inundados y pequeñas charcas a orillas de los grandes ríos, todos en áreas total o parcialmente sombreadas (Faran y Linthicum, 1981; Hudson, 1984; Rozendaal, 1990). Según Hiwat y Bretas (2011) las larvas de *An. darlingi* requieren de condiciones fisicoquímicas estables en los hábitats, las cuales no pueden conseguir en pequeños cuerpos de agua, por lo que esta especie prefiere hábitats grandes y profundos como lagunas, pantanos y grandes ríos. Sin embargo, han surgido evidencias de un cambio en el patrón de distribución de esta especie, derivado de las alteraciones ambientales ocasionadas por la actividad humana. En este sentido, Vittor *et al.* (2009), sugieren la preferencia de esta especie por las grandes charcas con abundantes macrofitas, asociadas a ambientes alterados dominados por vegetación secundaria y con presencia de humanos en Perú. En este estudio, los resultados fueron muy similares a los referidos por Vittor *et al.* (2009), siendo *An. darlingi* más abundante en lagunas de bosque grandes y pequeñas, sombreadas parcial o totalmente, con abundantes

macrofitas y detritos, ubicadas cerca de viviendas humanas. Este es un resultado coherente con el cambio de patrón señalado anteriormente, si bien los hábitats sombreados con corriente tipo río y caño, siguen manteniendo un lugar importante como sitios de reproducción característicos de este vector de malaria. Observaciones preliminares en el municipio Sifontes han permitido determinar como el aumento del caudal de los ríos, una vez estabilizados, permiten la acumulación de vegetación flotante en la superficie, particularmente *P. stratiotes* y *E. crassipes*, que proveen a esta especie hábitats muy productivos; de la misma manera, durante la sequía, el estancamiento de los ríos produce charcas cubiertas de vegetación que son excelentes hábitats para *An. darlingi* (Moreno *et al.*, 2000). En este municipio, *An. darlingi* previamente había sido asociado por Moreno *et al.* (2000) a hábitats residuales de la actividad minera tipo lagunas y charcas. Asimismo, la especie había sido colectada en charcas temporales y efímeras muy pequeñas ubicadas en áreas parcialmente deforestadas en el borde del bosque y en la orilla de los ríos en época de sequía, resultados similares a los reportados por Rubio-Palis *et al.* (2005) para el Alto Orinoco en el estado Amazonas. La ubicación de los hábitats de *An. darlingi* en áreas de transición entre el bosque y espacios deforestados también ha sido previamente descrita por Singer & Castro (2001), debido a que el bosque primario raramente provee las condiciones necesarias por la ausencia de áreas parcialmente sombreadas y la acidez del agua (Hiwatt & Bretas 2011), mientras que Barros *et al.* (2011) en Brasil, propusieron el modelo de borde, *forest fringes*, para explicar esta distribución y su relación con la presencia de viviendas humanas. De hecho, muchas de las lagunas de bosque descritas en este trabajo, en las cuales *An. darlingi* fue más abundante, por su ubicación se corresponden con el modelo de borde. Asimismo, Berti *et al.* (2008) en un estudio realizado en la misma zona, reportan que *An. darlingi*, si bien fue más abundante en quebradas, también se le colectó con mucha frecuencia en lagunas con sombra, siendo muy posible que este tipo de hábitat, al cual se refieren Berti *et al.* (2008), sean los mismos hábitats referidos aquí como lagunas de bosque. Este tipo de hábitat también es referido por Rejmánková *et al.* (1999) y Rubio-Palis *et al.* (2005) quienes colectaron esta especie con mayor frecuencia y abundancia en lagunas con micrófitas en el estado Amazonas, Venezuela.

En cuanto a otras especies de anofelinos colectadas, se confirman los resultados reportados por Moreno *et al.* (2000) con respecto a la distribución y abundancia de las larvas de *An. squamifemur*, *Chagasia* sp. y las del subgénero *Stethomyia*, manteniéndose los hábitats tipo caño como los hábitats preferidos por estas especies y la naturaleza simpátrica de su distribución. Con respecto al género *Chagasia*, no estaba clara la identidad taxonómica de la especie de este género presente en el área de estudio, debido a que anteriormente había sido identificada por Moreno *et al.* (2000) como *Ch. bathana* (Dyar), pero recientemente Berti *et al.* (2011) reportaron la presencia de *Ch. bonneae* Root, y *Ch. ablusa* Harbach, por primera vez en Venezuela, colectadas en el municipio Gran Sabana vecino al área de estudio. Esto puso en duda la existencia de *Ch. bathana* en Venezuela y obligó a revisar la identidad de la especie identificada como tal en el municipio Sifontes, identificándose algunos especímenes como *Ch. bonneae*, con lo que quedó confirmada la presencia de esta especie en el municipio, por lo tanto el taxón queda identificado aquí como *Ch. bonneae*, lo cual constituye un nuevo registro para el municipio. Igualmente las especies del subgénero *Anopheles*, son más frecuentes en los caños y pantanos, mientras que la descripción del caño como hábitat tipo para el subgénero *Stethomyia*, constituye un aporte relevante y que coincide con lo reportado por Rubio-Palis *et al.* (2010), quienes señalan los arroyos y manantiales en la región del río Caura en el estado Bolívar, como los hábitats preferidos por este subgénero.

#### Caracterización de los hábitats larvarios de las especies de anofelinos

Los resultados discutidos anteriormente en cuanto a la distribución espacial de las especies de anofelinos por tipo de hábitat, son confirmados por el Análisis CANOCO, el cual examina las relaciones de las especies individuales con las variables ambientales del hábitat. En este sentido, ha sido propuesto que la distribución espacial y temporal de los hábitats de larvas de anofelinos están definidos por la dinámica hidrológica, la luz y la vegetación acuática, ya que los hábitats ricos en vegetación proveen alimento y refugio contra depredadores (Grillet *et al.*, 2002; Rejmánková *et al.*, 1999; 2000). Por tal razón, este trabajo se enfocó en el análisis de las relaciones de las especies de anofelinos con las variables del hábitat y el microhábitat, analizándose por un lado

las relaciones de las especies con la dinámica hídrica del agua e hidroperíodo, y por el otro las relaciones con la vegetación acuática y la presencia de luz en el hábitat.

Con relación a la dinámica hídrica y características del agua en el micro-hábitat, es decir el sitio donde se colectó el espécimen, el análisis permitió establecer grupos de especies *a priori*. En primer lugar, especies que preferiblemente se crían en aguas estancadas y que difícilmente pueden ser encontradas en aguas con corriente como *An. braziliensis*, *An. albitarsis s.l.*, *An. nuneztovari s.l.* y *An. triannulatus s.l.*, (Moreno *et al.*, 2000; Rozendaal, 1990), versus especies que solo pueden ser colectadas en agua corriente, como las especies del subgénero *Stethomyia*, *Ch. bonneae* y *An. squamifemur*. Otro grupo de especies están ubicadas a lo largo del gradiente y pueden ser colectadas en ambos tipos de dinámica hídrica, tanto en aguas estancadas como en quebradas y ríos, pero en lugares protegidos de la corriente por troncos, detritos y plantas flotantes como las del subgénero *Anopheles*, *An. darlingi* y *An. oswaldoi s.l.* (Charlwood, 1996; Moreno *et al.*, 2000; Rozendaal, 1990). De forma similar, Sinka *et al.* (2010), clasifican las especies de anofelinos en estas dos categorías, coincidiendo con este trabajo en la distribución para *An. darlingi*, pero no para *An. albitarsis s.l.* (= *An. marajoara*) ni *An. nuneztovari s.l.*, especies que estos autores tipifican en hábitats con corriente, en los cuales si bien pueden ser colectadas ocasionalmente, no constituyen sus hábitats típicos. Es importante agregar que *An. albitarsis s.l.* es un complejo de al menos nueve especies, de las cuales solo cinco han sido descritas formalmente, por lo que hasta el presente no se conoce con certeza la bionomía y ecología de cada una de las especies que conforman el complejo (Ruiz-López *et al.*, 2012).

Otra variable importante que resalta del análisis es el color aparente del agua, según Stein *et al.* (2011) además del tamaño y la vegetación, el color aparente del agua en el hábitat es una de las características que más contribuye a la variabilidad en las especies, siendo esta una variable subvalorada y poco estudiada. Con respecto a esta característica el análisis permitió establecer tres grandes grupos *a priori*: las especies que se encuentran en aguas de color ámbar, que son la mayoría, las especies de agua marrón, y las especies de aguas cristalinas como las del subgénero *Stethomyia* y otras especies

raras. En este aspecto, Sinka *et al.* (2010) colocan todas las especies de vectores en hábitats de agua clara, aunque algunas especies, como *An. darlingi*, *An. oswaldoi s.l.* y *An. nuneztovari s.l.*, pueden ser colectadas con mucha frecuencia en hábitats de aguas muy marrón, con un alto contenido de materiales en suspensión, lo cual ha sido reportado con frecuencia para esta última especie (da Silva-Vasconcelos *et al.*, 2002; Nagm *et al.*, 2007). Destaca en este trabajo, la asociación positiva de *An. albitarsis s.l.* con las variables fisicoquímicas de pH y SDT, esta última característica de hábitats con aguas muy turbias.

En cuanto a la presencia de luz solar y vegetación, la productividad de un hábitat depende, además de las condiciones físico-químicas adecuadas, de una buena proporción de luz y sombra (Hiwat & Bretas, 2011). La mayoría de las especies de mosquitos requieren de condiciones específicas, variables de una especie a otra en cuanto a la demanda de luz y de sombra. En este sentido, Sinka *et al.* (2010), clasifican las especies de vectores como heliofilicas y heliofóbicas, según el grado de exposición solar en que se encuentren, colocando a *An. darlingi* como heliofóbica, *An. marajoara* como heliofilica y *An. nuneztovari s.l.* en ambas categorías. En el caso de *An. darlingi*, se sabe que prefiere los hábitats parcialmente sombreados ubicados en el borde del bosque y áreas recientemente deforestadas donde penetre la luz solar (Barros *et al.*, 2011; Charlwood, 1996; Hiwat & Bretas, 2011; Rozendaal, 1990). Este es un hábitat que es compartido por otras especies tales como *An. oswaldoi s.l.*, eventualmente *An. nuneztovari s.l.* y *An. triannulatus s.l.*, aunque el hábitat de estas dos últimas especies se desplazan más hacia ambientes completamente soleados, mientras que *An. oswaldoi s.l.* prefiere ambientes completamente sombreados (Brochero *et al.*, 2006; Moreno *et al.*, 2000; Rejmánková *et al.*, 1999; Rozendaal, 1990). Hay un segundo grupo de especies claramente heliofilicas asociadas a espacios abiertos expuestos a la luz y con abundante vegetación macrofitas, entre las cuales destacan *An. triannulatus s.l.*, *An. albitarsis s.l.* y *An. braziliensis*. Estas son justamente las especies más abundantes, debido a que los ambientes soleados son ricos en vegetación, más heterogéneos y ofrecen cobertura para los invertebrados, así como sustrato para el crecimiento de algas que sirven de alimento y propician la abundancia de larvas de anofelinos y otros invertebrados acuáticos (Grillet *et al.*, 2002). Un último grupo de especies, entre las cuales están

la de los subgéneros *Anopheles* y *Stethomyia*, *Ch. bonneae* y *An. squamifemur*, prefieren los hábitats completamente sombreados y carentes de vegetación hidrófila (Rejmánková *et al.*, 1999).

En general el análisis permitió establecer hábitats tipo para grupos de especies más que para especies individuales, con base en criterios de variables bióticas tales como la presencia o ausencia de vegetación acuática y variables abióticas como la dinámica hídrica y la presencia de luz solar. Estas se pueden resumir en tres grupos principales: especies cuyo hábitat tipo está constituido por hábitats estancados, a pleno sol y con abundante vegetación; especies de hábitats con corriente, a la sombra y sin vegetación; y especies de ambientes intermedios. Sin embargo, el análisis también permitió establecer algunas asociaciones individuales interesantes y muy consistentes, tales como la de *An. braziliensis* al hábitat tipo herbazal dominado por *Eleocharis*, la de *An. nuneztovari s.l.* al hábitat tipo charca de agua muy turbia, y la de las larvas de *Stethomyia* y *An. squamifemur* a los arroyos sombreados de aguas cristalinas.

Las asociaciones entre algunas especies de anofelinos y la vegetación acuática han sido ampliamente demostradas, así como la utilidad de la vegetación para predecir la presencia de determinada especie, lo cual también ha sido suficientemente explicado en el carácter estructural que confiere la vegetación al hábitat (Rejmánková *et al.*, 1992; 1993; 2000; Savage *et al.*, 1990). Un aporte novedoso de este estudio lo constituye la caracterización de hábitats carentes de vegetación, a la sombra y con una dinámica hídrica diferente, para especies consideradas raras, como las del subgénero *Stethomyia*, *Ch. bonneae* y *An. squamifemur*, de las cuales se sabe muy poco por lo que este resultado constituye un avance importante en su conocimiento. Otro aporte importante, por su aplicabilidad en el control, lo constituye la caracterización de los hábitats para especies vectoras como *An. darlingi* y *An. oswaldoi s.l.*, sobre las cuales hay mucha incertidumbre y evidencias firmes de adaptación a cambios antropogénicos (Moreno *et al.*, 2000; Vittor *et al.*, 2009). En este sentido, se confirma la preferencia de *An. darlingi* y *An. oswaldoi s.l.* por ambientes intermedios, parcialmente sombreados, de aguas de corriente lenta a estancada, con presencia de detrito y vegetación acuática de los géneros *Mayaca*, *Salvinia*, *Lemna* y *Pistia*.

Según Stein *et al.* (2011), la capacidad de relacionar las especies de anofelinos con cierto tipo de hábitat, de acuerdo a las características más importantes tales como el tipo, la exposición solar, la presencia o no de vegetación, la dinámica hídrica y el color del agua, es de gran importancia debido a su valor predictivo, ya que estas características pueden ayudar a revelar la presencia de ciertas especies, siendo esto de gran importancia en el muestreo de anofelinos y en el control de vectores. En este caso, más allá de los resultados obtenidos, puede considerarse que el principal aporte de este trabajo lo constituye el intento de caracterizar y describir los hábitats de anofelinos a nivel de microhábitat, lo que constituye un avance importante en la comprensión de la ecología de las especies y los factores que modulan su distribución espacial en Venezuela.

#### Conflicto de Intereses

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

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dirección de Salud Ambiental del Estado Bolívar por el apoyo logístico recibido a lo largo del proyecto. A Hernán Guzmán, por la identificación de las larvas de *Ch. bonneae*. 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 Gabaldón”, el FONACIT mediante el convenio N° 2002000410 y el Inter-American Institute for Global Change Research (IAI-CRN-048).

#### REFERENCIAS

- Barros F. S. M., Arruda M. E., Gurgel H. C. & Honorio N. A. (2011). 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**: 643-658. doi: 10.1017/S0007485311000265.
- Belkin J. N., Hogue C. L., Galindo P., Aitken T. H. G., Schick R. X. & Powder W. A. (1965). Mosquito

- studies (Diptera Culicidae) II. Method for the collection, rearing and preservation of mosquitoes. *Contrib. Am. Ent. Inst.* **1**: 19-78.
- Berti J., Guzmán H., Liria J., González J., Estrada Y., Pérez E. (2011). Nuevos registros de mosquitos (Diptera Culicidae) para el estado Bolívar, Venezuela: Dos de ellos nuevos para el país. *Bol. Mal. Salud Amb.* **51**: 59-69.
- Berti J., Vanegas C., Amarista J., González J., Montañéz 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 J., Zimmerman R. & Amarista J. (1993). Spatial and temporal distribution of anopheline larvae in two malarious area in Sucre state, Venezuela. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **88**: 353-362.
- Berti-Moser J., González-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.
- Calado D. C., Foster P. G., Bergo E. S., Dos Santos C. L. S., Galardo A. K. R. & Sallum M. A. M. (2008). Resurrection of *Anopheles goeldii* from synonymy with *Anopheles nuneztovari* (Diptera, Culicidae) and a new record for *Anopheles dunhami* in the Brazilian Amazon. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **103**: 791-799.
- Charlwood J. D. (1996). Biological variation in *Anopheles darlingi* Root. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **91**: 391-398.
- Da Silva-Vasconcelos A., Kato M. Y., Mourao E. N., de Souza R. T., Lacerda R. N., Sibajev A., et al. (2002). Biting indices, host-seeking activity and natural infection rates of anopheline species in Boa Vista, Roraima, Brazil from 1996 to 1998. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **97**: 151-161.
- Faran M. E. & Linthicum K. J. (1981). A handbook of the Amazonian species of *Anopheles (Nyssorhynchus)* (Diptera: Culicidae). *Mosq. Syst.* **13**: 1-81.
- Flores-Mendoza C., Peyton E. L., Wilkerson R. C. & de Oliveira R. L. (2004). *Anopheles (Nyssorhynchus) konderi* Galvão and Damasceno: Neotype designation and resurrection from synonymy with *Anopheles (Nyssorhynchus) oswaldoi* (Peryassú) (Diptera: Culicidae). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* **106**: 118-132.
- Forattini O. P., Kakitani I., Alvarenga M. M. G. R. & de Brito M. (1998). Formas imaturas de anofelinos em recipientes artificiais. *Rev. Saúde Pública.* **32**: 517-518.
- 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., El Souki M., Laguna F., León J. R. (2014). The periodicity of *Plasmodium vivax* and *Plasmodium falciparum* in Venezuela. *Acta Tropica.* **129**: 52-60.
- Grillet M. E., Legendre P. & Borcard D. (2002). Community structure of neotropical wetland insects in Northern Venezuela. I. Temporal and environmental factors. *Arch. Hydrobiol.* **155**: 413-436.
- Hiwat H. & Bretas B. (2011). Ecology of *Anopheles darlingi* Root with respect to vector importance: a review. *Parasit. 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., Angel 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.
- MPPS (2014). Dirección General de Salud Ambiental. Reporte Epidemiológico Semanal. Año 20 (Semana epidemiológica N° 52).
- Moreno J. E. (2000). Characterization of *Anopheles* breeding habitats in Sifontes, Bolívar state, Venezuela. [Abstract]. *J. Am. Mosq. Cont. Assoc.* **16**: 295-312.
- 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., Rubio-Palis Y. & Acevedo P. (2000). Identificación de criaderos de anofelinos en un área endémica del estado Bolívar, Venezuela. *Bol. Dir. Malariol. San. Amb.* **40**: 21-30.
- Moreno J. E., Rubio-Palis Y., Páez E., Pérez E. & Sánchez V. (2007). Abundance, biting behavior and parous rate of anopheline mosquito species in relation to malaria incidence in gold-mining areas in southern Venezuela. *Med. & Vet. Entomol.* **21**: 339-349.
- Moreno J. E., Rubio-Palis Y., Páez E., Pérez E., Sánchez V. & Vaccari E. (2009). Malaria entomological inoculation rates in gold mining areas of southern Venezuela. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **104**: 764-768.
- Moreno J., Rubio-Palis Y., Sánchez V. & 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.
- Moreno J. E., Rubio-Palis Y., Sánchez V. & Martínez A. (2015). Fluctuación poblacional y hábitat larval de anofelinos en el municipio Sifontes, estado Bolívar, Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.* **55**: 52-68
- Moreno J. E. & Rubio-Palis Y. (2003). Primer reporte de *Anopheles (Anopheles) costai* y *A. forattinii* (Diptera: Culicidae) en Venezuela. *Entomotropica.* **18**: 211-213.
- Nagm L., Luitgards-Moura J. F., Neucamp C. D., Monteiro-de-Barros F. S., Alves H. N., Tsouris P., et al. (2007). Affinity and diversity indices for anopheline immature forms. *Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo.* **49**: 309-316.
- Navarro C. 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. y San. Amb.* **35**: 25-43.
- Parra-Henao G. & Alarcón P. E. P. (2008). Observaciones sobre la bionomía de *Anopheles* spp. (Diptera: Culicidae) en el municipio Valencia, departamento Córdoba, Colombia. *Bol. Mal. Salud Amb.* **48**: 95-98.
- Peyton E. L. (1993). *Anopheles (Nyssorhynchus) dunhami*, resurrected from synonymy with *Anopheles nuneztovari* and validated as senior synonymy of *Anopheles trinkae* (Diptera: Culicidae). *Mosq. Syst.* **25**: 151-156.
- Rejmánková E., Harbin-Ireland A. & Lege M. (2000). Bacterial abundance in larval habitats of four species of *Anopheles* (Diptera: Culicidae) in Belize, Central America. *J. Vector Ecol.* **25**: 229-238.
- Rejmánková E., Roberts D. R., Harbach R. E., Pecor J., Peyton E. L., Manguin S., et al. (1993). Environmental and regional determinant of *Anopheles* (Diptera: Culicidae) larval distribution in Belize, Central America. *Environ. Entomol.* **22**: 978-992.
- Rejmánková E., Rubio-Palis Y. & Villegas L. (1999). Larval habitats of anopheline mosquitoes in the Upper Orinoco, Venezuela. *J. Vector Ecol.* **24**: 130-137.
- Rejmánková E., Savage H. M., Rodríguez M. H., Roberts D. R. & Rejmanek M. (1992). Aquatic vegetation as basis for classification of *Anopheles albimanus* Weideman (Diptera: Culicidae) larval habitats. *Environ. Entomol.* **21**: 598-603.

- Rojas E., Brown E., Rosas C. & Scorza J. V. (1992). Populations of larvae of *Anopheles* spp. in natural breeding sites in Western Venezuela, an area of refractory malaria. *Rev. Saúde Pública*. **26**: 336-342.
- 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. (2005). Situación actual de la taxonomía de la Subfamilia Anophelinae (Diptera: Culicidae) en Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.* **45**: 1-10.
- Rubio-Palis Y., Menares 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., Moreno J.E., Bevilacqua M., Medina D., Martínez A., Cárdenas L., et al. (2010). Caracterización ecológica de los anofelinos y otros culícidos en territorio indígena del Bajo Caura, Estado Bolívar, Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.* **50**: 95-107.
- 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. Malarial. Sal. Amb.* **53**: 68-72.
- Ruíz F., Quiñones M., Calle D., Erazo H., Alzate J. & Linton Y. (2005). Molecular differentiation of *Anopheles (Nyssorhynchus) benarrochi* and *Anopheles (Nyssorhynchus) oswaldoi* from southern Colombia. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. **100**: 155-160.
- Ruíz-Lopez F., Wilkerson R. C., Conn J. E., McKeon S. N., Levin D. M., Quiñones M. L., et al. (2012). DNA barcoding reveals both known and novel taxa in the Albitarsis Group (*Anopheles: Nyssorhynchus*) of Neotropical malaria vectors. *Parasites & Vectors*. **5**: 44.
- Savage H. M., Rejmánková E., Arredondo-Jiménez J. I., Roberts D. R. & Rodríguez M. H. (1990). Limnological and botanical characterization of larval habitats for two primary larval vectors, *Anopheles albimanus* and *Anopheles pseudopunctipennis*, in coastal areas of Chiapas state, Mexico. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* **6**: 612-620.
- Singer B. H. & Castro M. C. (2001). Agricultural colonization and malaria on the Amazon Frontier. *Ann. NY. Acad. Sci.* **954**: 184-222.
- 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.
- Stein M., Ludueña-Almeida F., Willener J. A. & Almiron W. R. (2011). Classification of immature mosquito species according to characteristics of the larval habitat in the subtropical province of Chaco, Argentina. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. **106**: 400-407.
- Ter Braak C. J. F & Smilauer P. (1998). *CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4)*. Micromputer Power (Ithaca, NY, USA). 332 pp.
- 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.
- Wilkerson R. C. & Mureb Sallum M. A. (1999). *Anopheles (Anopheles) forattinii*: a new species in Series Arribalzagia (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.* **36**: 345-354.

Recibido el 12/08/2015  
Aceptado el 25/11/2015