

Artículo Original

Respuesta a atrayentes químicos y actividad horaria de *Anopheles Meigen* spp. (Diptera: Culicidae) en un área malárica del estado Bolívar, Venezuela

Response to chemical attractants and host seeking behavior of Anopheles Meigen spp. (Diptera: Culicidae) in a malaria endemic area of Bolívar State, Venezuela

<https://doi.org/10.52808/bmsa.7e5.612.016>

Yasmin Rubio-Palis^{1*}

<https://orcid.org/0000-0003-0056-2540>

Lelys Bravo²

<https://orcid.org/0000-0003-0742-663X>

Hernán Guzmán³

<https://orcid.org/0000-0001-9397-1639>

Simón Caura⁴

<https://orcid.org/0000-0003-0509-5646>

Chen Song⁵

<https://orcid.org/0000-0003-1521-2367>

Songyuan Wang⁵

<https://orcid.org/0000-0001-5169-053X>

Luís Manuel Pérez Ybarra¹

<https://orcid.org/0000-0003-0743-7953>

Recibido: 29/03/2021

Aceptado: 15/06/2021

RESUMEN

Se evaluó la eficiencia de la trampa Mosquito Magnet Liberty Plus™ (MMLP) cebada con los atrayentes químicos 1-octen-3-ol (octenol) y Lurex 3™ (L-ácido láctico) junto con dióxido de carbono (CO₂) para recolectar anofelinos en la localidad Ye'kwana de Boca de Nichare, municipio Sucre, estado Bolívar, Venezuela. La trampa fue operada entre las 18:00 y 06:00 horas, durante 10 noches por mes, durante cuatro meses (Julio – Octubre, 2015), alternándose cada noche el atrayente. A fin de caracterizar la actividad nocturna de los anofelinos, cada cuatro horas se cambiaba la jaulita donde eran atrapados los mosquitos. Se capturaron cinco especies de *Anopheles* y cuatro de Culicinae, siendo las más abundantes, *Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi* Root y *Anopheles (Nyssorhynchus) oswaldoi* (Peryassú) *sensu lato*. El ANOVA factorial no paramétrico de Transformación de Rangos Alineados para la variable atrayente y sus interacciones con especie e intervalo horario no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$). Estas especies muestran comportamientos diferentes: *An. darlingi* tiene el pico de actividad nocturna entre las 22:00 y 02:00 horas, mientras que en *An. oswaldoi s.l.* se observa un incremento de la actividad nocturna progresivamente que se mantiene durante el intervalo 02:00-06:00 horas. Los resultados permiten concluir que la trampa MMLP cebada con octenol o Lurex es un método alternativo de recolección de mosquitos para la vigilancia entomológica en áreas maláricas remotas con población indígena. La actividad horaria de los vectores *An. darlingi* y *An. oswaldoi s.l.* sugiere que el uso de mosquiteros tratados con insecticidas puede resultar un método efectivo para el control de la transmisión de malaria en esta zona del país.

Palabras clave: *Anopheles darlingi*, *Anopheles oswaldoi s.l.*, *Culex quinquefasciatus*, trampa Mosquito Magnet, octenol, Lurex

ABSTRACT

The efficiency of the Mosquito Magnet Liberty Plus™ (MMLP) trap was evaluated baited with the chemical attractants 1-octen-3-ol (octenol) and Lurex³™ (L-lactic acid) together with carbon dioxide (CO₂) to collect anophelines in the Amerindian village Boca de Nichare, Sucre municipality, Bolívar State, Venezuela. The trap was operated between 18:00 and 06:00 hours, 10 nights per month for four months (July-October 2015), the attractants were alternated nightly. To determine the host seeking behavior of anophelines, the trap cage was changed every 4 hours. Five species of *Anopheles* and four of Culicinae were collected; *Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi* Root and *Anopheles oswaldoi (Peryassú) sensu lato* were the most abundant species collected. The Align Rank Transform (ART) test for nonparametric ANOVA for the variable attractant and its interactions with species and hour interval were not significant ($p > 0.05$). *An. darlingi* and *An. oswaldoi s.l.* showed contrasting host seeking activity: *An. darlingi* showed a peak between 22:00 and 02:00 hours, while in *An. oswaldoi s.l.* there was a steady increase in activity up to the interval 02:00-06:00 hours. The MMLP trap baited either with octenol or Lurex is an alternative method for entomological surveillance in remote Amerindian malaria endemic areas. The biting activity of the vectors *An. darlingi* and *An. oswaldoi s.l.* suggests that the use of long-lasting insecticide treated nets could be an effective method to control the transmission of malaria in this area.

Key words: *Anopheles darlingi*, *Anopheles oswaldoi s.l.*, *Culex quinquefasciatus*, Mosquito Magnet trap, octenol, Lurex

1 Facultad de Ciencias de la Salud, Sede Aragua, Universidad de Carabobo, La Morita, Venezuela.

2 Department of Statistics, University of Illinois, Urbana-Champaign, USA

Introducción

La malaria es un problema de salud pública en Venezuela, particularmente en los últimos 10 años donde la casuística ha incrementado considerablemente, pasando a ser el país con mayor número de casos en Sur América (PAHO, 2018). El estado Bolívar reporta el 64% de los casos que se registran en el país (DSA, 2018), y se desconoce la casuística en poblaciones indígenas (Bevilacqua *et al.*, 2018). A fin de diseñar y evaluar programas de control anti vectorial efectivos, es fundamental la vigilancia entomológica. El método tradicional consiste en recolectar los mosquitos atraídos por cebos humanos (WHO, 1975). Sin embargo, este método enfrenta serias limitaciones de carácter ético y práctico, en particular en áreas remotas del país con poblaciones indígenas. En Venezuela se han realizado esfuerzos por conseguir un método que pueda sustituir y/o complementar la recolección de mosquitos mediante cebos humanos a fin de poder determinar parámetros de riesgo de contraer malaria tales como identificación y abundancia de especies y tasa de ataque, esto es, el número de hembras recolectadas por persona por noche (WHO, 1975). Sin bien se han obtenido resultados contrastantes con el uso de trampas de luz del tipo CDC (Centers for Disease Control) y luz ultravioleta de flujo invertido (trampa UV) en diversas zonas del país, en general se ha observado que varía su eficiencia dependiendo de la especie de *Anopheles* y la abundancia.

En el occidente de Venezuela se reportó que la trampa CDC colocada dentro de la vivienda próxima a una persona protegida por un mosquitero recolectó sólo 10% de *Anopheles (Nyssorhynchus) nuneztovari* Gabaldon *sensu lato* en comparación con cebos humanos, pero recolectó alrededor de 40% de *An. (Nys.) albitarsis* Lynch-Alrribáizaga *s. l.*, *An. (Nys.) oswaldoi* (Peryassú) *s. l.* y *An. (Nys.) triannulatus* (Neiva & Pinto) *s. l.*, mientras que recolectó 120% de *An. (Anopheles) neomaculipalpus* Curry (Rubio-Palis & Curtis, 1992a). En el centro del país se encontró que la trampa de luz UV utilizada junto con el atrayente dióxido de carbono (CO₂) resultó más eficiente para recolectar *An. (Nys.) aquasalis* Curry y *An. (Nys.) albimanus* Wiedemann que la trampa CDC junto con los atrayentes CO₂ y/o 1-octen-3-ol (octenol) (Rubio-Palis, 1996). Mientras que en la zona minera del estado Bolívar, Moreno *et al.* (2002) demostraron que si bien la trampa CDC era más eficiente que la trampa UV para recolectar *An. (Nys.) darlingi* y *An. albitarsis s. l.*, ambos métodos recolectaron menos del 30% de los mosquitos recolectados con cebos humanos.

En el estado Amazonas, donde la abundancia de *An. darlingi* es muy alta (Magris *et al.*, 2007), se observó que en comparación con cebos humanos la trampa CDC resultó más eficiente (62%) que la trampa UV (45%) (Rubio-Palis *et al.*, 1999). Cabe destacar que tanto la trampa CDC como la trampa UV resultaron ineficientes para capturar anofelinos en el municipio Sucre del estado Bolívar cuando la abundancia es baja (Rubio-Palis *et al.*, 2010). En diferentes estudios se ha mostrado que las trampas Mosquito Magnet™ (MM) son más eficientes que las trampas CDC para recolectar mosquitos (Brown *et al.*, 2008; Dusfour *et al.*, 2010; Hiwat *et al.*, 2011; Xu *et al.*, 2008). La trampa MM presenta varios modelos; funciona con una batería recargable de 12 V y utiliza CO₂ como atrayente. Además, esta trampa se ha evaluado con otros atrayentes como octenol y Lurex 3™ (L-ácido láctico) (Cileck & Hallmon, 2005; Dusfour *et al.*, 2010; Kitau *et al.*, 2009; Pucci *et al.*, 2003; Vezenegho *et al.*, 2014). En Venezuela se ha evaluado la eficiencia de la trampa Mosquito Magnet Liberty Plus™ (MMLP) en combinación con octenol en la zona malárica del municipio Sucre del estado Bolívar, resultando más eficiente para recolectar *An. nuneztovari s. l.* (63%) que para *An. darlingi* (31%) al comparar con las capturas sobre cebos humanos (Rubio-Palis *et al.*, 2012). Estos resultados permitieron desarrollar estudios entomológicos en zonas maláricas del estado Bolívar sin exponer a los recolectores al riesgo de contraer malaria, intensas jornadas de trabajo y altos costos en el pago de personal de campo (Rubio-Palis *et al.*, 2013a; Moreno *et al.*, 2020). A fin de evaluar la efectividad de los atrayentes octenol y Lurex 3™ en combinación con el CO₂ para recolectar anofelinos con la trampa Mosquito Magnet Liberty Plus™ (MMLP) y determinar el patrón de actividad horaria de las especies de *Anopheles* más abundantes, se realizó un estudio longitudinal entre Julio y Octubre de 2015 en una localidad del área malárica del estado Bolívar.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Se seleccionó la comunidad Ye'kwana de Boca de Nichare (Wunküyadiña) (lat 06° 34.44'N, long 64° 49.39'W, altitud 59 msnm) ubicada a orillas del río Caura, municipio Sucre, estado Bolívar. En esta comunidad se han realizado diversos estudios con líderes locales desde 2005, lo cual garantizaba la integridad de la trampa, así como la participación directa de la comunidad. Las características demográficas, ecológicas, epidemiológicas, hidrológicas y geomorfológicas de la zona han sido previamente descritas (Bevilacqua *et al.*, 2009, 2015; Medina *et al.*, 2011; Rubio-Palis *et al.*, 2010).

Diseño del estudio y recolección de mosquitos

Para evaluar la efectividad de los atrayentes octenol (1-octen-3-ol) y Lurex 3TM (L-ácido láctico) en combinación con el CO₂ para recolectar anofelinos con la trampa Mosquito Magnet Liberty PlusTM (MMLP) (American Biophysics Corporation, North Kingstown, RI), se realizó un estudio longitudinal entre Julio y Octubre de 2015, 10 noches por mes durante cuatro meses, entre las 18:00 y 06:00 horas. Para la realización del estudio se tomó en cuenta las fases lunares, de manera tal de garantizar que durante el mismo había máxima luz lunar (alrededor de luna llena), lo cual estimula la actividad de vuelo de los mosquitos (Bidlingmayer, 1964; Rubio-Palis, 1992). La trampa MMLP se colocó aproximadamente en el mismo lugar cada noche a unos 20 metros de la casa más próxima y alejada de cualquier tipo de vegetación u obstáculo que pudiera interferir con la misma. La trampa MMLP utiliza gas propano para generar vapor de agua, CO₂ y calor, atrayentes naturales de mosquitos. Los cartuchos con los atrayentes octenol (55,15% ingrediente activo) o Lurex 3TM (ingrediente activo ácido láctico 35,40%) se colocaron en la cámara de la trampa diseñada para tal fin de acuerdo con las instrucciones del fabricante (mosquitomagnet.org) de forma alternada cada noche (cinco noches/mes/atrayente), el esfuerzo de captura para cada atrayente fue de 240 horas. A fin de establecer el patrón de actividad horaria de las especies de mosquitos más abundantes, cada cuatro horas se reemplazaba la jaulita donde son atrapados los mosquitos y se colocaban en un ambiente húmedo en cavas de anime. En la mañana se procedía a contar e identificar los mosquitos capturados. Todos los especímenes se preservaron secos en silica gel y posteriormente se transportaron al Laboratorio de Entomología del Centro de Estudios de Enfermedades Endémicas y Salud Ambiental del Instituto de Altos Estudios “Dr. Arnoldo Gabaldon” en Maracay, a fin de verificar la identificación a nivel de especie e incorporar a la colección del Museo “Pablo Cova García”.

Identificación de especies

Para la identificación de mosquitos pertenecientes a varias tribus se utilizaron las claves de Lane (1953) y Forattini (1965); adicionalmente se utilizaron las claves de González & Carrejo (2010) y Rubio-Palis (2000) para identificar especies del género *Anopheles* Meigen. Para la identificación de mosquitos de la tribu Aedini se utilizó la clave de Arnell & Lewis (1972) y para la tribu Culicini se utilizaron las claves de Cova García *et al.* (1966).

Análisis de datos

Para comparar la efectividad de los atrayentes octenol y Lurex 3TM para la recolección de *Anopheles* spp. en distintos intervalos de tiempo, se ajustó un modelo ANOVA factorial no paramétrico de Transformación de Rangos Alineados (ART por sus siglas en inglés) (Oliver *et al.*, 2009; Wobbrock *et al.*, 2011), utilizando como factores la especie, el intervalo horario de recolección y los atrayentes. Luego se determinó la significancia de los términos de interacción en el modelo y se reajustó el modelo ANOVA utilizando las interacciones y factores que resultaron significativos al 5%. Finalmente se hicieron las comparaciones de medias comparando el número promedio de mosquitos recolectados para cada nivel de cada factor que resultó significativo en el modelo ANOVA resultante. Para el ajuste del modelo ANOVA factorial no paramétrico de Transformación de Rangos Alineados se utilizó el paquete ARTool del software R (Kay & Wobbrock, 2021).

Consideraciones éticas

Este estudio forma parte del Proyecto “Estudio de vectores de malaria basado en vigilancia entomológica comunitaria en áreas remotas endémicas del estado Bolívar, Venezuela”, el cual fue aprobado por el Comité de Bioética del Servicio Autónomo Centro Amazónico para la Investigación y Control de Enfermedades Tropicales (SACAICET).

Resultados

Abundancia y riqueza de especies

Durante el estudio se recolectaron un total de 234 mosquitos, identificándose nueve especies pertenecientes a cinco géneros (Tabla 1). El género *Anopheles* estuvo representado por cinco especies; *An. darlingi* (N=99) y *An. oswaldoi s.l.* (N=103) fueron las especies más abundantes, independientemente del atrayente.

Evaluación de los atrayentes octenol y Lurex 3TM

La eficacia de los atrayentes octenol y Lurex 3TM se evaluó para las dos especies más abundantes, *An. darlingi* y *An. oswaldoi s.l.*; para ello se ajustó el Modelo de Contraste de Rangos Alineados (ART) (Oliver *et al.*, 2009; Wobbrock *et al.*, 2011) para la variable atrayente y sus interacciones con especie e intervalo horario. Encontrándose que las mismas no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Actividad horaria

En la figura 1 se muestra el número promedio de *An. darlingi* y *An. oswaldoi s.l.* capturados durante cada intervalo horario independientemente del atrayente utilizado. Ambas especies muestran comportamientos diferentes;

An. darlingi tiene el pico de actividad entre las 22:00 y 02:00 horas, mientras que en *An. oswaldoi s.l.* se observa un incremento de la actividad progresivamente que se mantiene durante el intervalo 02:00-06:00 horas. A fin de establecer si las diferencias observadas eran significativas, se reajustó el ANOVA no paramétrica de Transformación de Rangos Alineados (ART) con los factores especie e intervalo horario, se encontró que la interacción especie de *Anopheles*: intervalo horario es apenas significativa ($p= 0.0532$). Sin embargo, al realizar un análisis de contraste más detallado entre el número promedio capturado de cada especie e intervalo horario, se encontró que hay diferencias significativas en la actividad horaria de *An. darlingi* y *An. oswaldoi s.l.* en los intervalos de 22:00-02:00 y 02:00-06:00. Esta diferencia es significativa ($p= 0.0157$) utilizando una prueba t (función *emmeans* de la librería *emmeans* de R); y también resulta significativa ($p= 0.04704$) utilizando una prueba F para una comparación equivalente (función *testInteractions* de la librería *phia* de R).

Tabla 1. Especies y número de mosquitos (Diptera: Culicidae) capturados con la trampa Mosquito Magnet Liberty Plus™ utilizando los atrayentes octenol y Lurex 3™. Boca de Nichare, municipio Sucre, estado Bolívar. Julio-octubre, 2015

Especie	Octenol	Lurex
<i>Anopheles braziliensis</i>	1	1
<i>Anopheles darlingi</i>	48	51
<i>Anopheles nuneztovari s.l.</i>	2	0
<i>Anopheles oswaldoi s.l.</i>	68	35
<i>Anopheles triannulatus s.l.</i>	2	0
<i>Anopheles spp*</i>	8	2
<i>Aedes scapularis</i>	2	3
<i>Culex quinquefasciatus</i>	0	5
<i>Limatus dunhami</i>	1	0
<i>Psorophora albipes</i>	2	3
TOTAL	134	100

* Especies no indentificables debido a la pérdida de caracteres taxonómicos

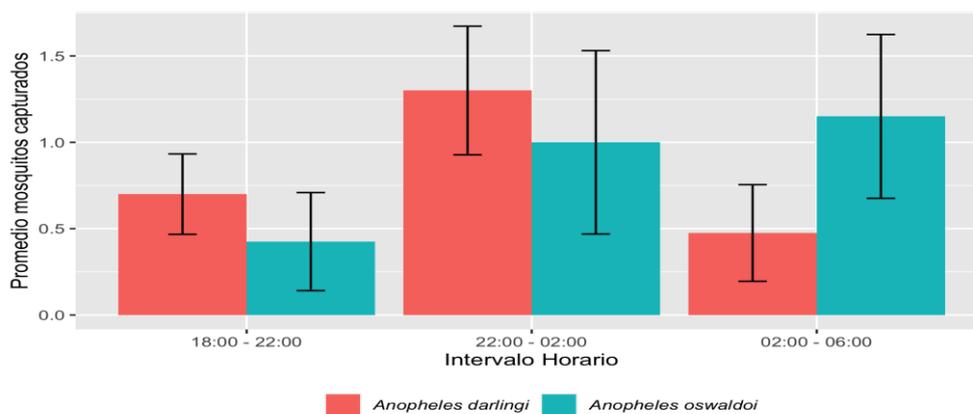


Figura 1. Promedio de *Anopheles darlingi* y *Anopheles oswaldoi s.l.* recolectados por intervalo horario con la trampa Mosquito Magnet Liberty Plus™ durante cuatro meses (Julio-Octubre, 2015) en Boca de Nichare, municipio Sucre, estado Bolívar, Venezuela

Discusión

Durante el presente estudio se identificaron cinco especies del género *Anopheles*, incluyendo *An. darlingi*, *An. oswaldoi s.l.* y *An. nuneztovari s.l.*, importantes vectores de los parásitos maláricos en Venezuela (Abou *et al.*, 2017; Magris *et al.*, 2007; Moreno *et al.*, 2009; Rubio-Palis, 1994; Rubio-Palis *et al.*, 1992; Rubio-Palis *et al.*, 2013a). *Anopheles braziliensis* Chagas y *An. triannulatus* (Neiva & Pinto) *s.l.*, si bien no han sido encontrados naturalmente infectados en Venezuela, son vectores confirmados en Brasil (Galardo *et al.*, 2007; Oliveira-Ferreira *et al.*, 1990; Póvoa

et al., 2001). Las especies más abundantes fueron *An. darlingi* (N=99) y *An. oswaldoi s.l.* (N=103), lo cual contrasta con lo reportado previamente en la localidad de Jabillal, ubicada a orillas del río Caura y a unos 140 km al norte de Boca de Nichare, donde las especies más abundantes fueron *An. nuneztovari s.l.* seguida de *An. darlingi* (Rubio-Palis *et al.*, 2012). Esto posiblemente se deba a las características ecológicas de la zona influenciada por mayor deforestación (Rubio-Palis *et al.*, 2010; 2013a) y la mayor presencia de hábitats larvales propicios para la oviposición (Moreno *et al.*, 2018). Sin embargo, en varias localidades del municipio Sifontes del estado Bolívar, la especie más abundante y con distribución más amplia es *An. darlingi*, seguida de *An. nuneztovari s.l.* y *An. albitarsis s.l.*, mientras que *An. oswaldoi s.l.* solo se recolectó en la localidad de El Granzón ubicada en un área de fuerte intervención antrópica en el margen Este de la carretera troncal 10, la cual une Ciudad Bolívar con Boa Vista, Brasil (Moreno *et al.*, 2020). Se recolectaron muy pocos Culicinae (Tabla I), pero es significativo que *Culex quinquefasciatus* Say, mosquito de amplia distribución mundial y eminentemente urbano, se haya recolectado solo con el atrayente Lurex 3TM; esta especie fue la única capturada con la trampa MMLP cebada con octenol en la localidad de Santa María de Erebató (04° 57.21'N, 64° 48.57'W), cuenca del río Erebató en el alto Caura (Rubio-Palis *et al.*, 2019) mientras que en Maracay, estado Aragua, se recolectaron significativamente más *Cx. quinquefasciatus* con la trampa MMLP sin octenol que con octenol (Rubio-Palis *et al.*, 2014).

El presente estudio muestra que no hay diferencias significativas ($p > 0.05$) entre el octenol y el Lurex 3TM para atraer a las especies *An. darlingi* y *An. oswaldoi s.l.* Estos resultados sugieren que estudios previos realizados en Venezuela utilizando la trampa MM con octenol como atrayente reflejan la situación local en cuanto a abundancia y riqueza de especies (Moreno *et al.*, 2020; Rubio-Palis *et al.*, 2012; 2013a). Estudios realizados en Guyana Francesa obtuvieron resultados similares (Vezenegho *et al.*, 2014), al no encontrar diferencias significativas al comparar el número de *An. darlingi* capturados con la trampa MM utilizando como atrayentes octenol y Lurex; sin embargo, el índice de Diversidad de Especies fue mayor en la trampa MM con octenol ya que con Lurex solo se capturó *An. darlingi*, concluyendo que el uso de la trampa MM y el atrayente octenol es el mejor método para la vigilancia entomológica y predecir el riesgo de transmisión de malaria en Guyana Francesa (*Op. cit.*). En Florida, USA, estos dos atrayentes fueron evaluados con trampas MM (Xue *et al.*, 2010) y se encontró que al utilizar como atrayente octenol tanto la riqueza de especies como el número de mosquitos recolectados fue mayor, en particular para la especie *An. crucians* Wiedemann. Cabe señalar que con el atrayente Lurex se recolectaron significativamente mayor número de *Aedes albopictus* Skuse. Sin embargo, Li *et al.* (2010) evaluaron estos atrayentes en dos provincias de China con la trampa Mosquito Magnet Pro y reportaron que la trampa cebada con octenol recolectó significativamente mayor número de *Ae. albopictus*, *Culex tritaeniochynchus* Giles y *An. sinensis* Wiedemann. Estos resultados sugieren que dependiendo de la región geográfica y de las especies de mosquitos presentes, hay variación en la eficacia de estos atrayentes químicos. Varios estudios han demostrado que la trampa MM cebada con octenol ofrece una alternativa a las capturas con cebos humanos en áreas endémicas de Sur América para la vigilancia entomológica de los programas de control de malaria, en especial para capturar *An. darlingi*, el principal vector de los parásitos maláricos en la región (Dusfour *et al.*, 2010; Hiwat *et al.*, 2011; Moreno *et al.*, 2020; Rubio-Palis *et al.*, 2012, 2013a; Vezenegho *et al.*, 2014).

Anopheles darlingi y *An. oswaldoi s.l.* muestran comportamientos significativamente diferentes; *An. darlingi* tiene el pico de actividad entre las 22:00 y 02:00 horas, mientras que en *An. oswaldoi s.l.* se observa un incremento de la actividad progresivamente que se mantiene hasta el amanecer (Fig. 1). El comportamiento horario de *An. darlingi* contrasta a lo reportado previamente en la localidad de Jabillal en el Bajo Caura, donde esta especie muestra mayor actividad entre las 18:00 y 22:00 horas (Rubio-Palis *et al.*, 2013a). Estos resultados confirman la plasticidad que presenta esta especie en cuanto al comportamiento hematofágico en diversas zonas del Neotrópico. Un patrón similar fue reportado en Corobal, municipio Cedeño del estado Bolívar (Rubio-Palis, 1995), pero muy diferente a otros patrones reportados en otras localidades de los estados Bolívar y Amazonas (Magris *et al.*, 2007; Moreno *et al.*, 2007; Rubio-Palis, 1995; Rubio-Palis *et al.*, 2013a). En cuanto a *An. oswaldoi s.l.*, el comportamiento contrasta considerablemente al reportado en el occidente de Venezuela, donde se observa un pico de actividad al atardecer en el peridomicilio y otro pico alrededor de media noche en el intradomicilio (Rubio-Palis & Curtis, 1992b). Es posible, que estemos en presencia de diferentes especies del Complejo Oswaldoi; en el bajo Caura ha sido identificado el linaje mitondrial *An. oswaldoi* B (Rubio-Palis *et al.*, 2013b) y con base en su comportamiento de actividad horaria posiblemente sea diferente a la especie del Complejo Oswaldoi presente en el occidente de Venezuela donde se ha sugerido que posiblemente se trate de dos especies diferentes que ocurren simpátricamente (Rubio-Palis & Curtis, 1992b).

Los resultados del presente estudio permiten concluir que la trampa MMLP cebada con octenol o Lurex 3TM es un método confiable para la vigilancia entomológica en áreas remotas con población indígena y puede sustituir o complementar las capturas por atracción al cebo humano. Con base en la actividad horaria observada tanto en *An. darlingi* como en *An. oswaldoi s.l.* los usos de mosquiteros de larga duración tratados con insecticidas piretroides representan una medida eficaz para la prevención y control de malaria en esta zona del municipio Sucre, puesto que ambas especies son más activas en el horario cuando las personas están durmiendo dentro de sus viviendas. Este comportamiento contrasta con los patrones de actividad de *An. darlingi* y *An. nuneztovari s.l.* reportados en la localidad

de Jabillal (Rubio-Palis *et al.*, 2013a). Estos hallazgos demuestran que para implementar medidas de control efectivas es fundamental el conocimiento de la bionomía de los vectores presentes en un área determinada.

Conflicto de Intereses

Los autores declaramos que no existe conflicto de intereses en la realización de este trabajo y los resultados presentados.

Agradecimientos

A todos los habitantes de Boca de Nichare. A Darjaniva Molina de Fernández, Ana María Ibañez y Horacio Vargas por su amistad y apoyo logístico. Mariapia Bevilacqua y Zenaida Muria (ACOANA) por apoyo administrativo del Proyecto. Jesús Alberto González y Yarys Estrada participaron en actividades de campo. Este trabajo fue posible gracias al financiamiento a YRP del FONACIT (Contrato N° 201300835).

Referencias

- Abou Orm S., Moreno J.E., Carrozza M., Acevedo P. & Herrera F. (2017). Plasmodium spp. infection rates of some Anopheles spp. from Sifontes Municipality, Bolívar State, Venezuela. *Bol. Mal. Sal. Amb.* 58: 17-25.
- Arnell J. H. & Lewis T.N. (1972). Mosquito studies (Diptera, Culicidae) XXVII. The varipalpus group of Aedes (Ochlerotatus). *Contrib. Amer. Entomol. Inst.* 3(2): 1-48.
- Bevilacqua M., Medina D.A., Cárdenas L., Rubio-Palis Y., Moreno J. & Martínez A. (2009). Orientaciones para fortalecer el programa de malaria en zonas remotas con población indígena en el Caura, Venezuela. *Bol. Mal. Sal. Amb.*49: 53-71.
- Bevilacqua M., Rubio-Palis Y., Medina D.A. & Cárdenas L. (2015). Malaria control in Amerindian Communities of Venezuela: Strengthening Ecohealth Practice Throughout Conservation Science and Capability Approach. *EcoHealth.* 12: 253-266.
- Bevilacqua M., Rubio-Palis Y. & Martínez A. (2018). Acciones necesarias ante la epidemia de malaria en la Guayana indígena. *Bol. Mal. Sal. Amb.* 58: 2-15.
- Bidlingmayer W.L. 1964. The effect of moonlight on the flight activity of mosquitoes. *Ecology.* 45: 87-94.
- Brown H.E., Paladini M., Cook R.A., Kline D., Barnard D. & Fish D. (2008). Effectiveness of mosquito traps in measuring species abundance and composition. *J. Med. Entomol.* 45: 517-521.
- Cilek J.E. & Hallmon C.F. (2005). The effectiveness of the Mosquito Magnet® trap for reducing biting midges (Diptera: Ceratopogonidae) populations in coastal residential backyards. *J. Amer. Mosq. Control Assoc.* 21: 218-221
- Cova García P., Sutil E. & Rausseo J.A. (1966). Mosquitos (Culicinos) de Venezuela. Publicaciones del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Caracas, Venezuela.
- Dirección General de Salud Ambiental. (2018). Mapa de áreas de riesgo malárico 2018. MPPSalud.
- Dusfour I., Carinci R., Gaborit P., Issaly J. & Girod R. (2010). Evaluation of four methods for collecting malaria vectors in French Guiana. *J. Econ. Entomol.* 103: 973-976.
- Forattini O.P. (1965). *Entomología Médica. 2º Volume. Culicini: Culex, Aedes e Psorophora.* Editora da Universidade de São Paulo. Brasil.
- Galardo A.R.K., Arruda M., Dálmeida Couto A.A.R., Wirtz R.A., Lounibos L.P. & Zimmerman R.H. (2007). Malaria vector incrimination in three rural riverine villages in the Brazilian Amazon. *Amer. J. Trop. Med. Hyg.* 76: 461-469.
- González O.R. & Carrejo G.N.S. (2009). Introducción al estudio taxonómico de Anopheles de Colombia: Claves y notas de distribución. Segunda Edición. Programa Editorial Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Hiwat H., Andriessen R., de Rijk M., Koenraadt C.J.M. & Takken W. (2011). Carbon dioxide baited trap catches do not correlate with human landing collections of Anopheles aquasalis in Suriname. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.*
- Kay M. & Wobbrock J. (2021). ARTool: Aligned Rank Transform for Nonparametric Factorial ANOVAs. R package version 0.11.0, Disponible en: <https://github.com/mjskay/ARTool>. doi: [10.5281/zenodo.594511](https://doi.org/10.5281/zenodo.594511) (Acceso marzo 2021).

- Kitau J., Rwegoshora R.T., Rwegoshora D., Matowo J., Mosha F.W. & Magesa S.M. (2009). The effect of combined use of Mosquito Magnet Liberty Plus™ trap and insecticide treated net on human biting rates of *Anopheles gambiae* s.s. and *Culex quinquefasciatus*. *Tanzania J. Hlth. Res.* 11: 84-89.
- Lane J. (1953). *Neotropical Culicidae. Volume I.* University of São Paulo, São Paulo, Brazil.
- Li C.X., Dong Y.D., Zhang X.L., Chen C., Song S.P., Deng B., Zhao, T.Y., & Xue R.. (2010). Evaluation of octenol and Lurex as baits in Mosquito Magnet Pro traps to collect vector mosquitoes in China. *Journal of the American Mosquito Control Association.* 26(4), 449–451. <https://doi.org/10.2987/10-6006.1>.
- Magris M., Rubio-Palis Y., Menare C. & Villegas L. (2007). Vector bionomics and malaria transmission in the Upper Orinoco River, southern Venezuela. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 102: 303-311.
- Medina D., Bevilacqua M., Cárdenas L., Morales L.G., Rubio-Palis Y., Martínez A., et al. (2011). Mapa de riesgo de transmisión de malaria en la cuenca del río Caura, Venezuela. *Bol. Mal. Sal. Amb.* 51(2): 23-38.
- Moreno J.E., Domínguez C., Molina D., Sánchez V. & Amaya W. (2020). Establecimiento de una línea de base entomológica de malaria en la parroquia San Isidro del municipio Sifontes del estado Bolívar, Venezuela. *Bol. Mal. Sal. Amb.* 60(1): 101-108.
- Moreno J., Rubio-Palis Y., Pérez E., Sánchez V. & Páez E. (2002). Evaluación de tres métodos de captura de anofelinos en un área endémica de malaria del estado Bolívar, Venezuela. *Entomotopica.* 17(2):157-165.
- Moreno J.E., Rubio-Palis Y., Páez E., Pérez E. & Sánchez V. (2007). Abundance, biting behaviour and parous rate of anophelines mosquito species in relation to malaria incidence in gold mining areas of 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 rate in gold mining areas of Southern Venezuela. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz;* 104: 764-768.
- Moreno J.E., Rubio-Palis Y., Bevilacqua M., Sánchez V. & Guzmán H. (2018). Caracterización de hábitats larvales de Anofelinos en el bajo Río Caura, región malárica del Estado Bolívar, Venezuela. *Bol. Mal. Sal. Amb.* 58: 32-45.
- Oliveira-Ferreira J., Lourenço de Oliveira R., Teva A., Deane L. M., & Daniel-Ribeiro C. T. (1990). Natural malaria infections in anophelines in Rondônia State, Brazilian Amazon. *Amer. J. Trop. Med. Hyg.* 43: 6-10.
- Oliver Rodríguez J. C., González Álvarez J. & Rosel Ramírez J. (2009). Análisis no paramétrico de la interacción de dos factores mediante el contraste de rangos alineados. *Psicothema.* 21(1): 152-158.
- Pan American Health Organization. (2018). PAHO's Response to Maintaining an Effective Cooperation Agenda in Venezuela and Neighboring Member States. 162nd Session of the Executive Committee. Washington, DC, USA. June 2018; CE162/INF/22. Disponible en: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/49487/CE162-INF-22-e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. (Acceso diciembre 2020).
- Póvoa M.M., Wirtz R. A., Lacerda R.N.L. & Miles M.A. (2001). Malaria Vectors in the Municipality of Serra do Navio, State of Amapá, Amazon Region, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 96(2): 179-184,
- Pucci T.M., Lynch J. & Keiper J.B. (2003). Insect composition of the Mosquito Magnet Pro® mosquito trap in northeastern Ohio. *The Great Lakes Entomologist.* 36: 25-30.
- Rubio-Palis Y. (1992). Influence of moonlight on light trap catches of the malaria vector *Anopheles nuneztovari* in Venezuela. *J. Amer. Mosq. Control Assoc.* 8: 178-180.
- Rubio-Palis Y. (1994). Variation of the vectorial capacity of some anophelines in western Venezuela. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 50: 420-424.
- Rubio-Palis Y. (1995). Observaciones sobre el patrón de actividad hematofágica del vector de la malaria *Anopheles darlingi* en las poblaciones del sur de Venezuela. *Bol. Dir. Mal. San. Amb.* 35: 66-70.
- Rubio-Palis Y. (1996). Evaluation of light traps combined with carbon dioxide and 1-octen-3-ol to collect anophelines in Venezuela. *J. Amer. Mosq. Control Assoc.* 12: 91-96.
- Rubio-Palis Y. (2000). *Anopheles (Nyssorhynchus) de Venezuela taxonomía, bionomía, ecología e importancia médica.* Publicado por la Escuela de Malariología y Saneamiento Ambiental “Dr. Arnoldo Gabaldon” y el Proyecto Control de Enfermedades Endémicas. Maracay, Venezuela.
- Rubio-Palis Y. & Curtis C.F. (1992a). Evaluation of different methods of catching anopheline mosquitoes in western Venezuela. *J. Amer. Mosq. Control Assoc.* 8: 261-267.

- Rubio-Palis Y. & Curtis C.F. (1992b). Biting and resting behaviour of anophelines in western Venezuela and implications for control of malaria transmission. *Med. Vet Entomol.* 6: 325-334.
- Rubio-Palis Y., Guzmán H. & Magris M. (1999). Evaluación de la eficiencia de trampas de luz vs. cebo humano para capturar *Anopheles darlingi* Root. *Bol. Dir. Mal. San. Amb.* 39: 30-32.
- Rubio-Palis Y., Bevilacqua M., Medina D., Moreno J., Cárdenas L., Sánchez V., et al. (2013a). Malaria entomological risk factors in relation to land cover in the Lower Caura River Basin, Venezuela. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*; 108(2): 220-8. <https://doi.org/10.1590/0074-0276108022013015>.
- Rubio-Palis Y., Moreno J.E., Bevilacqua M., Medina D.A., Martínez A. & Cárdenas L., (2010). Caracterización ecológica de los anofelinos y otros culícidos en el territorio indígena del Bajo Caura, Estado Bolívar, Venezuela. *Bol. Mal. Sal. Amb.* 50: 95-107.
- Rubio-Palis Y., Moreno J. E., Sánchez V., Estrada Y., Anaya W. & Bevilacqua M., (2012). Can Mosquito Magnet® substitute for human-landing catches to sample anopheline populations? *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*; 107(4): 546-549. <https://doi.org/10.1590/s0074-02762012000400017>.
- Rubio-Palis Y., Ramírez Álvarez R., Guzmán H. & Estrada Y. (2014). Evaluación de la trampa Mosquito Magnet® con y sin octenol para capturar mosquitos (Diptera: Culicidae). *Bol. Mal. Sal. Amb.* 54(1): 100-102.
- Rubio-Palis Y., Ruíz-López F, Guzmán H., Sánchez V., Moreno J.E. & Estrada Y. (2013b). Primer registro de *Anopheles (Nyssorhynchus) oswaldoi* B y *Anopheles (Nys.) albitarsis* F en la cuenca del río Caura, estado Bolívar, Venezuela. *Bol. Mal. Sal. Amb.* 53(1): 68-108.
- Rubio-Palis Y., Wirtz R.A. & Curtis C. . (1992). Malaria entomological inoculation rates in western Venezuela. *Acta Trop.* 52: 167-174.
- Vezenegho S.B., Adde A., Gaborit P., Carinci R., Issaly J. & de Santi V. P. (2014). Mosquito magnet® liberty plus trap baited with octenol confirmed best candidate for *Anopheles* surveillance and proved promising in predicting risk of malaria transmission in French Guiana. *Mal J.* 13: 384. Disponible en: <http://www.malariajournal.com/content/13/1/384>. (Acceso diciembre 2020).
- Wobbrock J.O., Findlater L., Gergle D. & Higgins J.J. (2011). The aligned rank transform for nonparametric factorial analyses using only ANOVA procedures: 143-146. En: *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11)*. Vancouver, British Columbia (May 7-12, 2011). ACM Press. New York, USA.
- World Health Organization. (1975). *Manual on practical entomology. Parts I and II*, WHO, Geneva, Switzerland.
- Xu R., Doyle M.A. & Kline D L. (2008). Field evaluation of CDC and Mosquito Magnet® x Traps baited with dry ice, CO₂ sachet and octenol against mosquitoes. *J. Amer. Mosq. Control Assoc.* 24: 249-252.
- Xue R-D., Qualls W. A., Kline D. L. & Zhao T-Y. (2010). Evaluation of Lurex 3™, Octenol, and CO₂ sachet as baits in Mosquito Magnet® Pro traps against floodwater mosquitoes. *J. Amer. Mosq. Control Assoc.* 26(3): 344-345.