

Anopheles (Diptera: Culicidae) vectores de malaria en el municipio de Puerto Carreño, Vichada, Colombia

Pilar Jiménez¹, Jan E. Conn^{2,3}, Robert Wirtz⁴, Helena Brochero¹

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C., Colombia

² Griffin Laboratory, Wadsworth Center, New York State Department of Health, Slingerlands, NY, USA

³ Department of Biomedical Sciences, School of Public Health, State University of New York, Albany, NY, USA

⁴ Centers for Disease Control and Prevention, Entomology Branch, Atlanta, Georgia, USA

El estudio se realizó en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

Introducción. El estudio de los aspectos de la biología de los mosquitos *Anopheles* spp. fortalece la vigilancia entomológica.

Objetivo. Determinar los aspectos de la biología y el comportamiento de las especies adultas del género *Anopheles* presentes en el área urbana de Puerto Carreño.

Materiales y métodos. Se capturaron *Anopheles* spp. silvestres que se habían posado en personas, en el intradomicilio y peridomicilio de viviendas ubicadas en el área urbana del municipio de Puerto Carreño (Vichada), entre las 18:00 y las 06:00 horas, durante dos noches consecutivas por mes y durante ocho meses.

Se determinó la actividad de picadura para cada especie, la infección natural por *Plasmodium falciparum* y *P. vivax* VK247 y VK210 mediante la técnica ELISA, y se determinó la tasa de inoculación entomológica. Los individuos pertenecientes al complejo Albitarsis se determinaron mediante amplificación en cadena de la polimerasa del fragmento del gen *white*.

Resultados. En orden de abundancia, se encontraron: *An. darlingi* (n=1.166), *An. marajoara sensu stricto* (n=152), *An. braziliensis* (n=59), *An. albitarsis* F (n=25), *An. albitarsis sensu lato* (n=16), *An. argyritarsis* (n=3) y *An. oswaldoi sensu lato* (n=2).

Anopheles darlingi registró dos picos de actividad de picadura entre las 21:00-22:00 y las 5:00-06:00 horas en el peridomicilio y, entre las 21:00-22:00 y las 04:00-05:00 horas, en el intradomicilio. Esta especie se encontró naturalmente infectada por *P. vivax* VK210 y registró una tasa de inoculación entomológica de dos para el año.

Anopheles marajoara s.s. se encontró naturalmente infectado por *P. falciparum* y registró una tasa de inoculación entomológica de 5 para el año, con un máximo de actividad de picadura entre las 18:00 y las 19:00 horas, tanto en el intradomicilio como en el peridomicilio.

Conclusión. Es posible que exista transmisión de malaria en el área urbana de Puerto Carreño (Vichada) y *An. darlingi* y *An. marajoara* s.s. serían las especies incriminadas.

Palabras clave: *Anopheles*, malaria, biología, vectores de enfermedades, Colombia

Anopheles (Diptera: Culicidae) vectors of malaria in Puerto Carreño municipality, Vichada, Colombia

Introduction. The study of the biological aspects of *Anopheles* spp., strengthens the entomological surveillance.

Objective. To determine biological aspects and behavior of adult *Anopheles* mosquitoes in the urban area of Puerto Carreño municipality, Vichada, Colombia.

Materials and methods. Wild anophelines were collected landing on humans both indoors and outdoors between 18:00h and 06:00h for 50 min/h during two consecutive nights/month for eight months in the urban area of Puerto Carreño. The biting rate activity, the natural infection by *Plasmodium falciparum* and *P. vivax* VK247 and VK210 using ELISA, and the annual entomological inoculation rate were determined for each species. The members of the Albitarsis complex were determined by amplification of the white gene by polymerase chain reaction.

Contribución de los autores:

Irene del Pilar Jiménez: desarrollo del componente de campo y laboratorio; participación en la elaboración del artículo científico.

Jan E. Conn: formulación del proyecto de investigación y apoyo para su desarrollo.

Robert Wirtz: donación de los anticuerpos monoclonales para el desarrollo de la técnica de ELISA para la determinación de infección natural en mosquitos por parásitos del género *Plasmodium* spp.

Helena Brochero: dirección del proyecto de investigación y participación en la elaboración del artículo científico.

Results. In order of abundance the species found were *An. darlingi* (n=1,166), *An. marajoara sensu stricto* (n=152), *An. braziliensis* (n=59), *An. albitarsis* F (n=25), *An. albitarsis sensu lato* (n=16), *An. argyritarsis* (n=3) and *An. oswaldoi sensu lato* (n=2). *An. darlingi* showed two activity peaks between 21:00 to 22:00 and 05:00 to 06:00 hours outdoors and between 21:00 to 22:00 and 04:00 to 05:00 indoors. Natural infection of this species was found with *P. vivax* VK210 and its annual entomological inoculation rate was 2. Natural infection of *An. marajoara sensu stricto* with *P. falciparum* was found, with an annual entomological inoculation rate of 5 and a peak biting activity between 18:00 to 19:00 hrs both indoors and outdoors.

Conclusion. Transmission of malaria in the urban area of Puerto Carreño, Vichada, can occur by *An. darlingi* and *An. marajoara* s. s.

Key words: *Anopheles*, malaria, biology, disease vectors, Colombia.

Puerto Carreño se encuentra ubicado entre los 6° 11' 16" latitud norte y los 62° 28' 23" longitud oeste. Es una zona de sabana en la orinoquia colombiana donde confluyen el río Meta y el río Orinoco en la franja fronteriza con la República Bolivariana de Venezuela. La extensión territorial es de 12.409 km² y está representada por un área urbana con el 76,9 % de la población total del municipio y un área rural con el 23,1 % (1). Registra una altitud de 51 msnm, una temperatura media anual de 28,5 °C, una precipitación media anual de 2.059 mm, un régimen monomodal de lluvias que va de abril a noviembre y un periodo seco desde diciembre a marzo (2) (figura 1). Las principales actividades económicas están enfocadas en la ganadería, la agricultura, la minería y el comercio, lo que aunado al conflicto armado que registra el departamento, determina una población humana flotante con permanente flujo hacia el área urbana.

En 2009, Puerto Carreño tuvo una incidencia anual parasitaria de 8,4 por 1.000 habitantes y prevalencias de 6,1 para *Plasmodium vivax*, de 1,5 para *P. falciparum* y de 0,5 para malaria (3). Según la información epidemiológica de la Secretaría de Salud Departamental, el 39 % de los casos del municipio proviene del área urbana.

Con el propósito de fortalecer la vigilancia entomológica que permita orientar estrategias de control integrado y selectivo de vectores, se estudiaron varios aspectos de la biología de mosquitos adultos *Anopheles* spp., en el área urbana de Puerto Carreño (Vichada).

Correspondencia:

Helena Brochero, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, edificio 500, oficina 201, Carrera 30 N° 45-03, Bogotá, D.C., Colombia
Teléfonos: (571) 316 5000, extensiones 19013 y 19115
embrochero@unal.edu.co

Recibido: 15/05/11; aceptado:15/07/11

Materiales y métodos

Sitio de estudio

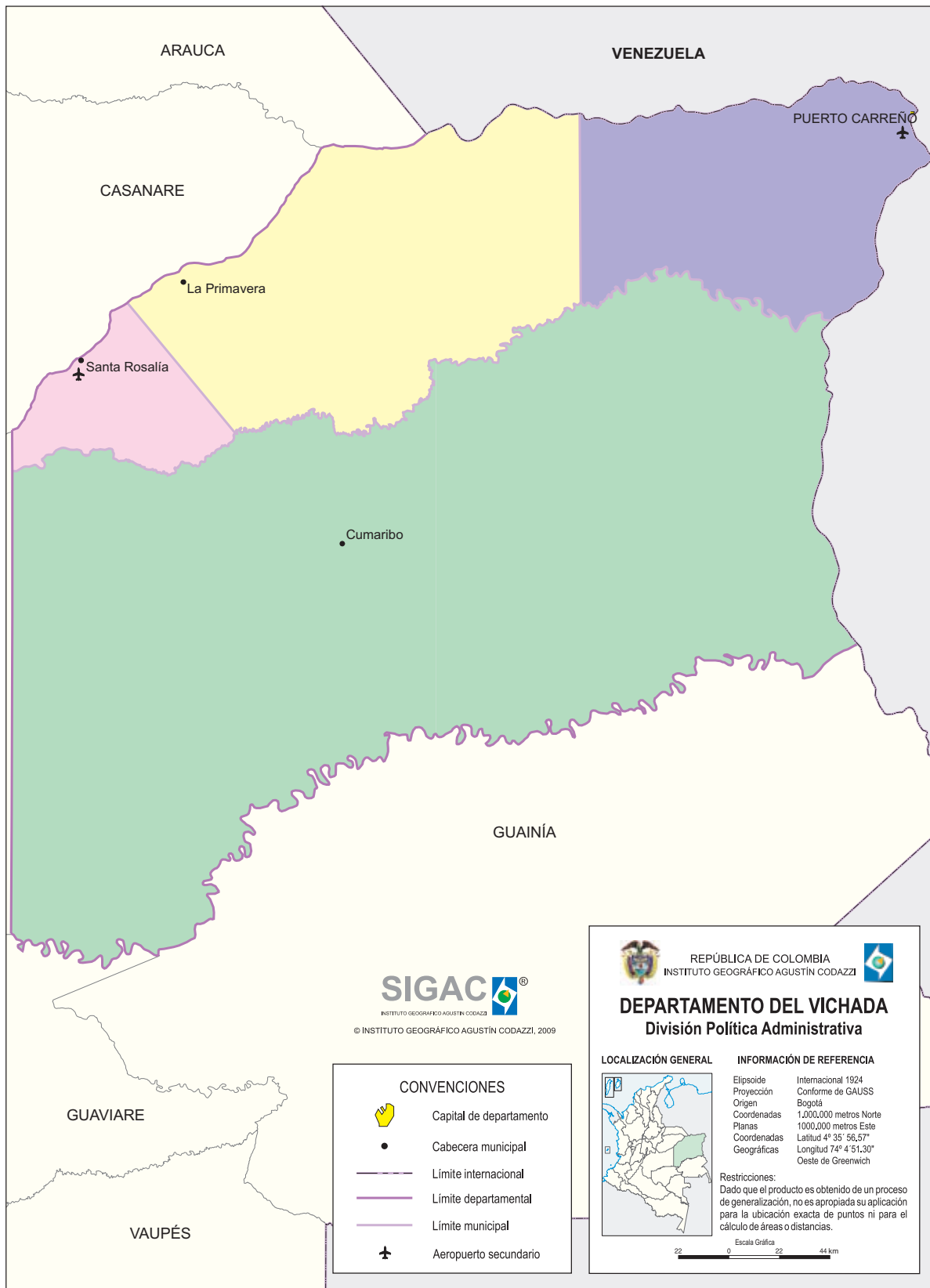
El estudio se realizó en seis barrios del área urbana de Puerto Carreño: La Primavera, 6° 10' 59,4" latitud norte y 67° 29' 37,5" longitud oeste; La Florida, 6° 11' 31,7" latitud norte y 67° 29' 35,7" longitud oeste; Gaitán, 6° 11' 9,8" latitud norte y 67° 28' 51" longitud oeste; La Esperanza, 6° 12' 2,9" latitud norte y 67° 29' 5,7" longitud oeste; Simón Bolívar, N 6° 11' 55" latitud norte y 67° 29' 1" longitud oeste, y Gabriel Robledo, 6° 11' 37,92" latitud norte y 67° 29' 26,11" longitud oeste. Las casas en las que se llevaron a cabo las capturas de mosquitos se seleccionaron de acuerdo con el registro de casos de malaria según la información de la Secretaría de Salud Departamental del Vichada (figura 2).

Material entomológico

Se recolectaron anofelinos adultos silvestres que se hubieran posado en personas (4), por un período de 50 minutos de cada hora entre las 18:00 y las 06:00 horas, por dos noches consecutivas de cada mes, desde marzo hasta diciembre de 2009. En el peridomicilio se evaluaron todos los meses, en tanto que las capturas en el intradomicilio se hicieron de marzo a julio debido a la renuencia de los jefes de hogar para llevar a cabo esta actividad. Con el fin de evitar sesgos en las capturas, los funcionarios responsables de la recolección de los mosquitos cambiaban de intradomicilio a peridomicilio cada hora de trabajo.

Las hembras silvestres se colocaron en frascos de plástico rotulados con la información de campo y un algodón provisto con solución azucarada al 10 %. Se llevaron vivas al Laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

La oferta de sangre se hizo con *Mus musculus*, de acuerdo con los protocolos de manejo de vertebrados de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia.



Fuente: SIGAC, 1996

Figura 1. Ubicación geográfica de Puerto Carreño, Vichada, Colombia

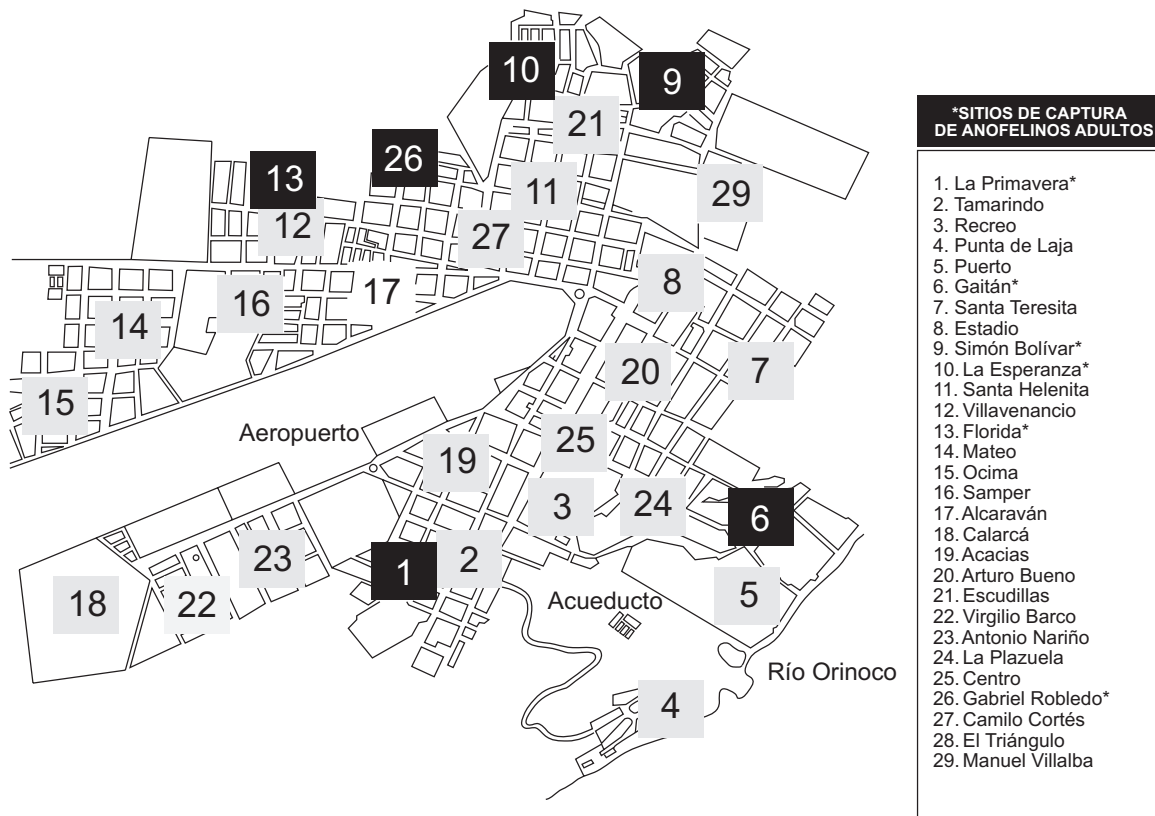


Figura 2. Sitios de captura de mosquitos adultos silvestres en Puerto Carreño, Colombia, 2009

Se obtuvieron isofamilias mediante ovipostura forzada, retirando una pata y un ala de la hembra silvestre adormecida con acetato de etilo y colocándola luego sobre un recipiente con agua (5). Una fracción de huevos, la exuvia de la larva y la pupa, y el mosquito adulto emergido de esta ovipostura, constituyen una isofamilia. Todos estos estadios asociados se utilizaron para la determinación taxonómica de las especies a partir de caracteres morfológicos, usando las claves disponibles (6-9). La fracción de los huevos que no eclosionó se almacenó en alcohol al 70 %, y la pata y el ala se montaron en láminas con bálsamo de Canadá.

Se confirmó la taxonomía de las especies pertenecientes al complejo *Albitarsis* a partir de la amplificación en cadena de la polimerasa del fragmento del gen *white* (10). Para cada especie se almacenaron muestras en la Colección de Referencia del Laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

La actividad de picadura se determinó para el intradomicilio y para el peridomicilio por cada

mes de estudio y se definió como el número de mosquitos capturados por especie durante 50 minutos consecutivos, que se hubieran posado en personas (4).

La infección natural por parásitos del género *Plasmodium* que afectan a los humanos, se determinó para todas las hembras silvestres a partir de la proteína del circumsporozoíto de *P. falciparum*, *P. vivax* VK210 y *P. vivax* VK247, utilizando el kit de ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA), distribuido por los *Centers for Disease Control and Prevention*, CDC, Atlanta (11).

Para ello, se utilizaron la cabeza y el tórax de cada hembra silvestre recolectada y se colocaron en grupos de cinco mosquitos de la misma especie con respecto a la hora, día y mes de captura. El punto de corte se calculó por el promedio de los controles negativos ± 2 desviaciones estándar con un valor de 0,250.

Se consideraron positivos aquellos grupos que presentaron valores por encima del punto de corte. Los grupos de mosquitos que resultaron positivos se procesaron nuevamente en forma

individual, utilizando el abdomen con el propósito de confirmar la infección por el agente etiológico y determinar el número total de especímenes positivos por grupo.

Los controles negativos correspondieron a mosquitos de la colonia de *An. albimanus*, cepa Buenaventura, mantenida en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

La infección natural se calculó como el porcentaje de mosquitos infectados para cada especie de *Anopheles* spp., con respecto a cada agente etiológico evaluado. La tasa de inoculación entomológica, entendida como el número de picaduras infectivas recibidas por una persona en un año, se calculó teniendo en cuenta la tasa de actividad de picadura y la tasa de infección natural por *Plasmodium* spp.

Aspectos éticos

Se contó con la aprobación de los Comités de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia y de los *National Institutes of Health* de los Estados Unidos. Además, el *Institutional Review Board* del *New York State Department of Health* revisó este protocolo (N° 02-028A) y encontró que no cumplía con la definición de regla federal común de investigación con sujetos humanos.

Las capturas de mosquitos *Anopheles* spp. que estuvieran picando personas, las desarrollaron funcionarios de la Secretaría Departamental de Salud de Puerto Carreño y de la Universidad Nacional de Colombia entrenados para realizar este tipo de actividades, quienes firmaron un consentimiento informado en el cual se les explicaron los objetivos y posibles riesgos de la actividad. Todos los funcionarios rotaron cada dos horas de sitio de captura durante el período de la misma.

A los jefes de los hogares donde se hicieron las capturas, se les informó el propósito del estudio, se les indicaron sus beneficios y riesgos y se les solicitó su consentimiento firmado para el desarrollo de la actividad.

Para la alimentación de los mosquitos silvestres, se siguieron los protocolos de manejo de vertebrados de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia y del Comité de Ética en cuidado animal de la *Office of Laboratory Animal Welfare* (Assurance N| A5791-01) de los *National Institutes of Health* y

del *Institutional National Animal Care and Use Committee* del *New York State Department of Health*, según protocolo N° 11-420.

Resultados

Se recolectaron 1.482 mosquitos adultos hembra de *Anopheles* spp., en 72 horas de captura en el intradomicilio y 192 horas en el peridomicilio. *Anopheles darlingi* fue la especie más abundante; permaneció activa durante toda la noche y registró dos picos de actividad de picadura: en el peridomicilio, entre 21:00-22:00 y 05:00-06:00 horas; y en el intradomicilio, entre las 21:00-22:00 y 04:00-05:00 horas. *Anopheles marajoara* s.s., evidenció un comportamiento crepuscular hasta las 21:00 horas, con un máximo de actividad de picadura entre las 18:00 y las 19:00 horas, tanto en el intradomicilio como en el peridomicilio (cuadro 1, figura 3).

Se encontró un patrón unimodal en la distribución temporal para todas las especies recolectadas, con un pico en septiembre correspondiente a la época de lluvia, y uno mínimo en marzo correspondiente a la temporada seca. La variación mensual de la abundancia relativa de las especies con respecto a la precipitación para cada uno de los ocho meses estudiados, reveló que en junio y julio de 2009, correspondientes a los meses de mayor precipitación (más de 50 mm), la especie predominante fue *An. darlingi*, entre las 18:00 y las 22:00 horas en el peridomicilio. En los meses de transición, correspondientes a septiembre y octubre de 2009 cuando las lluvias reducen su intensidad, esta especie presentó una actividad de picadura constante toda la noche, con máximos de actividad durante las 18:00-19:00 horas, las 21:00-22:00 horas y hacia las 05:00-06:00 horas. En este mismo período, se observó un aumento en la abundancia relativa de *An. marajoara* s.s., *An. albitarsis* F y *An. braziliensis*, compartiendo una actividad de picadura crepuscular hasta las 21:00 horas. Se observó un aumento en la abundancia relativa de *An. marajoara* s.s., en el intradomicilio durante los meses de mayor precipitación.

Para la detección de infección natural por *P. falciparum*, *P. vivax* VK247 y *P. vivax* VK210, se procesaron 1.423 mosquitos, así: *An. darlingi* (n=1.166), *An. marajoara* s.s. (n=152), *An. braziliensis* (n=59), *An. albitarsis* F (n=25), *An. albitarsis* s.l. (n=16), *An. argyritarsis* (n=3) y *An. oswaldoi* s.l. (n=2).

Anopheles darlingi (1/1166) se encontró infectado con *P. vivax* VK210, con una tasa de infección

Cuadro 1. Abundancia relativa, actividad de picadura e infección natural por parásitos del género *Plasmodium* que afectan a humanos en las especies de *Anopheles* spp., del municipio de Puerto Carreño, Vichada, Colombia 2009

Especie	Abundancia relativa de picadura	Valor máximo de de actividad de picadura*	Número total de mosquitos capturados		Tasa de infección natural	TIE*** Anual
			Intradomicilio	Peridomicilio		
<i>Anopheles darlingi</i>	78,66 % (n=1166)	7,71 Peridomicilio 21-22 horas	47	1.119	0,008 % (1/1.166) <i>Plasmodium vivax</i>	1,6
<i>Anopheles marajoara</i> s.s.	10,25 % (n=152)	2,47 Peridomicilio 18-19 horas	23	129	1,9 % (3/152) <i>Plasmodium falciparum</i>	5,1
<i>Anopheles albitarsis</i> s.l. ****	1,07 % (n=16)	0,4 Intradomicilio 18-19 horas	5	20	0	0
<i>Anopheles braziliensis</i>	3,98 % (n=59)	1 Intradomicilio 0-1 horas	6	53	0	0
<i>Anopheles albitarsis</i> F.	1,68 % (n=25)	0,3 Intradomicilio 18-19 horas	5	20	0	0
<i>Anopheles argyritarsis</i>	0,20 % (n=3)	0,09 Peridomicilio 18-19 horas	0	3	0	0
<i>Anopheles oswaldoi</i> s.l.	0,13 % (n=2)	0,09 Peridomicilio 5-6: horas	2	0	0	0
<i>Anopheles</i> spp. **	3,98 % (n=59)		16	43	0	0
Total	100 % (n=1.482)			1.482		

* Actividad de picadura: número de mosquitos capturados/50 minutos/hombre

** Anofelinos sin determinar por encontrarse en mal estado

*** Tasa de inoculación entomológica (TIE)

**** *Anopheles albitarsis* s.l. ADN degradado, determinado por características morfológicas

de 0,086 %. El mosquito infectado se capturó en noviembre de 2009 entre las 00:00-01:00 horas, en el peridomicilio. *Anopheles marajoara* s.s. (3/152) se encontró infectado con *P. falciparum*, con una tasa de infección de 1,97 % (cuadro 1). Los tres mosquitos infectados se capturaron en marzo entre las 18:00 y las 19:00 horas en el intradomicilio, septiembre, entre las 19:00 y las 20:00 horas, y noviembre, entre las 23:00 y las 24:00 horas en el peridomicilio.

La tasa promedio de actividad de picadura correspondió a 5,1 para *An. darlingi* y 0,73 para *An. marajoara* s.s., picaduras por persona por noche registrada en 23 noches de capturas. La tasa de inoculación entomológica fue de 1,5 para *An. darlingi* y de 5,1 para *An. marajoara* s.s. Con este valor se estimó que una persona puede recibir cinco picaduras infectivas por año de *An. marajoara* s.s. y dos picaduras por año de *An. darlingi*.

Discusión

La Secretaría de Salud de Vichada registra a *An. darlingi* como el principal vector de malaria para Puerto Carreño y es hacia esta entidad biológica que se dirigen todos los esfuerzos de control durante los brotes o epidemias (12). Evidentemente, esta especie resultó ser la más abundante picando a humanos durante toda la noche, con un comportamiento de alta plasticidad tanto exofágico como endofágico característico de la especie (9,13-19).

Durante el estudio se registró un valor promedio de tasa de picadura de 5,15 hembras por hombre por noche con valores que oscilaron entre 0,08 y 16,60 hembras por persona por noche. En Puerto Carreño, estos valores pueden ser mayores, siendo similares a los registrados para América, donde se ha

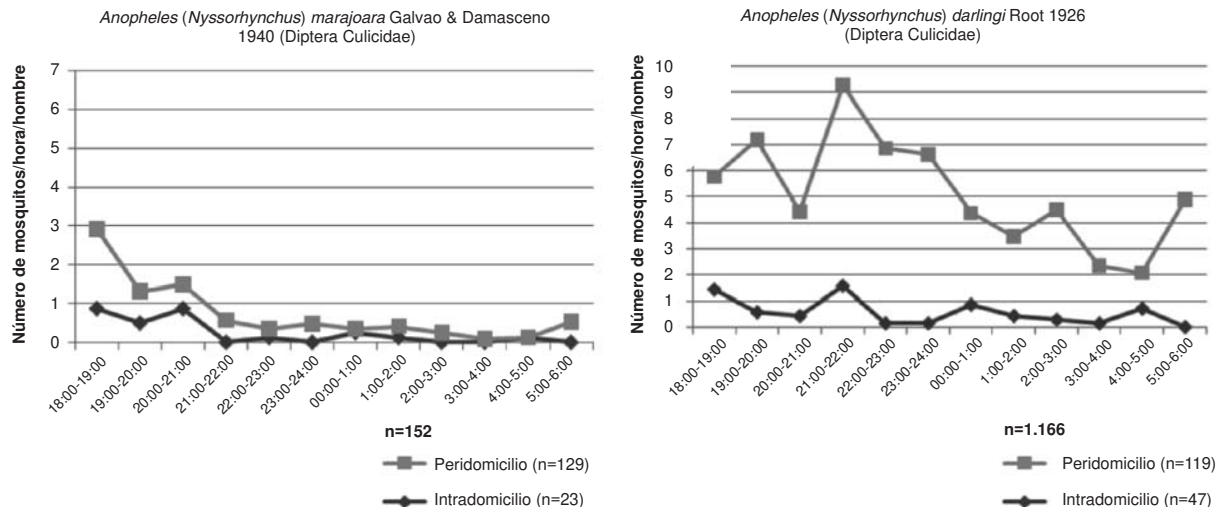


Figura 3. Tasa promedio de picadura por hora por hombre de *Anopheles darlingi* y *An. marajoara* s.s. en el área urbana de Puerto Carreño, Vichada, 2009

encontrado que la tasa de picadura para la especie es variable, con registros que van desde 0,13 hasta 1.443,00 hembras por persona por noche (14-20); en este estudio no se evaluaron todos los meses para el intradomicilio, lo que constituye un sesgo de captura para el análisis de la información.

El valor de la tasa de inoculación entomológica de dos picaduras infectivas por persona por año, similar al encontrado en otras áreas de transmisión de malaria con prevalencia por *P. vivax* en América (19-20) al igual que en la zona de estudio, aunado a los picos de mayor actividad de picadura a humanos cuando se encuentran sin protección, permiten incriminar a *An. darlingi* como responsable de la transmisión de este agente etiológico en el área urbana de Puerto Carreño.

En Colombia no se considera a *An. marajoara* s.s. como vector de malaria a pesar de haberse encontrado naturalmente infectado con *P. falciparum* (21), experimentalmente infectado con *P. vivax* (22) y con un comportamiento preferentemente endofílico (23,24). Sin embargo, en el área urbana de Puerto Carreño su importancia epidemiológica es evidente debido a su infección natural por *P. falciparum* con una tasa de inoculación entomológica de cinco picaduras infectivas por persona por año, a los sitios de cría próximos a las viviendas (no se incluyen los datos) y a la mayor actividad de picadura cuando la población humana se encuentra expuesta ya que debido a la temperatura ambiental, los pobladores dejan abiertas las puertas de sus casas o realizan sus actividades en el peridomicilio.

Estos resultados son relevantes si se tiene en cuenta, además, que para Colombia se han registrado dos acervos genéticos, uno asociado con mayor capacidad vectorial ubicado al oriente de la Cordillera Oriental con una estructura genética de la población similar a la de los vectores primarios de malaria (25), a su oportunidad y capacidad de adaptación a cambios hechos por el hombre, desplazando incluso al vector primario reconocido en la zona (26). Es probable, entonces, que *An. marajoara* s.s. junto con *An. darlingi* estén contribuyendo a mantener el carácter endémico de la malaria durante todo el año en Puerto Carreño (Vichada).

Anopheles albitarsis F registra un comportamiento de picadura preferentemente crepuscular hasta las 22:00 horas y la especie se halla activa solamente hasta las 01:00 horas, tanto en el intradomicilio como en el peridomicilio (27-29). Aunque no se encontró a esta entidad biológica infectada naturalmente por parásitos del género *Plasmodium*, su simpatria y similitud en aspectos de su biología con *An. marajoara* s.s. determinan la importancia de intensificar la vigilancia entomológica para esta especie.

Existe una dinámica compleja de transmisión de malaria en el área urbana y periurbana de Puerto Carreño, por diversos factores, entre los cuales están: los cambios en las características geográficas derivados de las actividades económicas prevalentes en la población humana de la región, como son la excavación de suelos para obtener materiales de construcción para vivienda y el uso intensivo del suelo para ganadería; las variaciones en factores climáticos

críticos determinantes en la epidemiología de la enfermedad, como son la temperatura ambiente y la precipitación determinados por fenómenos como ENSO (El Niño/La Niña-*Southern Oscillation*) (30,31); la diversidad étnica y la costumbre de la población indígena de automedicarse; el conflicto armado que determina una demografía flotante, y la circulación de varios agentes etiológicos en diversas especies de vectores con características biológicas particulares (30-32).

Además, Puerto Carreño es el único centro con presencia de instituciones nacionales en el departamento, donde la población acude para diagnóstico y tratamiento en salud —entre otros—, y donde confluyen todas las actividades comerciales desde otros municipios del departamento, desde el interior del país y desde la República Bolivariana de Venezuela, por lo que su proceso de urbanización se desarrolla en forma acelerada y se presentan cambios ecológicos importantes para la transmisión de malaria, estable durante todo el año.

La prevención, la vigilancia y el control deben estar enfocados al fortalecimiento de la capacidad institucional y de la participación intersectorial que permitan un diagnóstico adecuado, un tratamiento oportuno y un seguimiento particular a las poblaciones de indígenas y desplazados, ya que por las características culturales y de vulnerabilidad propias de estos grupos, la vigilancia epidemiológica no puede desarrollarse adecuadamente pues no aportan información sobre su sitio de procedencia específica o sobre automedicación previa.

Teniendo en cuenta los patrones de comportamiento de picadura registrados para *An. darlingi* y *An. marajoara* s.s. encontrados naturalmente infectados por *P. vivax* y por *P. falciparum*, respectivamente, en el área urbana de Puerto Carreño, las estrategias de control hacia estas especies deben orientarse a la implementación de toldillos de larga duración, con los cuales se esperaría, no sólo disminuir el contacto entre el humano y el vector por la barrera física que constituye, sino lograr una reducción en la densidad de la población y, particularmente en la longevidad de estas especies, característica fundamental para el desarrollo completo de los agentes etiológicos y su capacidad de transmisión (9-26). Esta estrategia, sumada al fortalecimiento de los programas de control de vectores de la Secretaría de Salud Departamental, particularmente la Unidad de Entomología (33) que permite el desarrollo de estudios complementarios en la población de

vectores de malaria registrados en este estudio, relacionados con resistencia fisiológica a los insecticidas de uso en salud pública y evaluación de eficacia de las estrategias de control, son fundamentales para el control de la enfermedad.

Este estudio es básico para reorientar las estrategias de control en los vectores de malaria en Puerto Carreño, pero también constituye un llamado de atención sobre la necesidad de adelantar estudios entomológicos sistemáticos locales que le permitan al país conocer su realidad epidemiológica y entomológica en concordancia con los cambios del último milenio.

Conflicto de intereses

Los autores manifestamos no tener conflictos de intereses en esta publicación.

Financiación

Este proyecto fue financiado por *The National Institutes of Health* (NIH, R01 AI5413), USA, y la Universidad Nacional de Colombia, Quipu 201010012197, proyecto “Malaria Vectors Biology in Brazil/Colombia: Genetics and Ecology”, USA NIH AI 2R01AIO54139.

Referencias

1. **Equipo de Salud Pública Municipal.** Plan Municipal de Salud Pública 2008-2011. Puerto Carreño, Vichada: Alcaldía Mayor Municipal; 2008. p. 6-7.
2. **Instituto Geográfico Agustín Codazzi.** Diccionario Geográfico de Colombia. Bogotá: Reprolaser Ltda.; 1996. p. 2328-9.
3. **Instituto Nacional de Salud.** Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública- SIVIGILA. Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Salud; 2009.
4. **World Health Organization.** Manual of practical entomology in malaria. Methods and techniques. Geneva: WHO; 1975. p. 13.
5. **Estrada DA, Quiñones ML, Sierra DM, Calle DA, Ruiz F, Erazo HF, et al.** Utilidad de la morfología de los huevos como método indirecto para identificar *An. benarrochi*, *An. oswaldoi*, y *An. rangeli* en Putumayo, Colombia. *Biomédica*. 2003;23:388-95.
6. **González R, Carrejo N.** Introducción al estudio taxonómico de *Anopheles* de Colombia, claves taxonómicas y notas de distribución. Cali: Universidad del Valle; 2007. p. 237.
7. **Faran ME.** A revision of the *Albimanus* section of the subgenus *Nyssorhynchus*. *Contrib Am Entomol Inst*. 1980;15:1-215.
8. **Faran ME, Linthicum KJ.** A handbook of the Amazonian species of *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) (Diptera: Culicidae). *Mosq Syst*. 1981;13:1-81.
9. **Rubio-Palis Y.** *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) de Venezuela: taxonomía, bionomía, ecología e importancia médica. Maracay: Escuela de Malariología y Saneamiento Ambiental; 2000. p. 120.

10. **Merritt TJS, Young CR, Vogt RG, Wilkerson RC, Quattro JM.** Intron retention identifies a malaria vector within the *Anopheles (Nyssorhynchus) Albitarsis* complex (Diptera: Culicidae). *Mol Phylogenet Evol.* 2005;35:719-24.
11. **Wirtz RA, Burkot TR, Graves PM, Andre RG.** Field evaluation of enzyme-linked immunosorbent assays for *Plasmodium falciparum* and *Plasmodium vivax* sporozoites in mosquitoes (Diptera: Culicidae) from Papua New Guinea. *J Med Entomol.* 1987;24:433-7.
12. **Olano V, Brochero H, Sáenz R, Quiñones M, Molina J.** Mapas preliminares de la distribución de *Anopheles* vectores de malaria en Colombia. *Biomédica.* 2001;21:402-3.
13. **Rubio-Palis Y.** Observaciones sobre el patrón de actividad hematofágica del vector de la malaria *Anopheles darlingi* en las poblaciones del sur de Venezuela. *Bol Mal Salud Amb.* 1995;35:66-70.
14. **Voorham J.** Intra-population plasticity of *Anopheles darlingi* (Diptera: Culicidae) biting activity patterns in the state of Amapá, Brazil. *Rev Saude Publ.* 2002;36:75-80.
15. **Elliott R.** The influence of vector behaviour on malaria transmission. *Am J Trop Med Hyg.* 1972;21:765-63.
16. **Forattini OP.** Comportamento exófilo de *Anopheles darlingi* Root, em região meridional do Brasil. *Rev Saúde Públ.* 1987;21:291-304.
17. **Tadei W, Thatcher B, Santos J, Scarpassa V, Rodrigues I, Rafael M.** Ecologic observations on anopheline vectors of malaria in the Brazilian Amazon. *Am J Trop Med Hyg.* 1998;59:325-35.
18. **Girod R, Gaborit P, Carinci R, Issaly, Fouque F.** *Anopheles darlingi* bionomics and transmission of *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax* and *Plasmodium malariae* in Amerindian villages of the Upper-Maroni Amazonian forest, French Guiana. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 2008;103:702-10.
19. **Forattini OP.** Comportamento exófilo de *Anopheles darlingi* Root, em região meridional do Brasil. *Rev Saúde Públ.* 1987;21:291-304.
20. **Magris M, Rubio-Palis Y, Menares C, Villegas L.** Vector bionomics and malaria transmission in the Upper Orinoco River Southern Venezuela. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 2007;102:303-11.
21. **Herrera S, Suárez M, Sánchez G, Quiñones ML, Herrera M.** Uso de la técnica inmunoradiométrica (IRMA) en *Anopheles* de Colombia para la identificación de esporozoitos de *Plasmodium*. *Colombia Médica.* 1987;18:2-6.
22. **Collins WE, Warren M, Skinner JC, Sutton BB.** Infectivity of two strains of *Plasmodium vivax* to *Anopheles albitarsis* mosquitoes from Colombia. *J Parasitol.* 1985;71:771-3.
23. **Brochero H, Rey G, Buitrago LS, Olano VA.** Biting activity and breeding sites of *Anopheles* species in the municipality Villavicencio, Meta, Colombia. *J Am Mosq Control.* 2005;21:182-6.
24. **Brochero H, Pareja PX, Ortiz G, Olano VA.** Sitios de cría y actividad de picadura de especies de *Anopheles* en el municipio de Cimitarra, Santander, Colombia. *Biomédica.* 2006;26:269-77.
25. **Brochero HL, Li C, Wilkerson R, Conn JE, Ruiz-García M.** Genetic structure of *Anopheles (Nyssorhynchus) marajoara* (Diptera: Culicidae) in Colombia. *Am J Trop Med Hyg.* 2010;83:585-95.
26. **Conn JE, Wilkerson RC, Segura MN, De Souza RT, Schlichting CD, Wirtz R, et al.** Emergence of a new neotropical malaria vector facilitated by human migration and land use. *Am J Trop Med Hyg.* 2002;66:18-22.
27. **Wilkerson RC, Parson TJ, Klein TA, Gaffigan TV, Bergo E, Consolim J.** Diagnosis by random amplified polymorphic DNA polymerase chain reaction of four cryptic species related to *Anopheles (Nyssorhynchus) albitarsis* (Diptera: Culicidae) from Paraguay, Argentina, and Brazil. *J Med Entomol.* 1995;32:697-704.
28. **Rosa-Freitas MG.** *Anopheles (Nyssorhynchus) deaneorum*: A new species in the albitarsis complex (Diptera: Culicidae). *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 1989;84:535-43.
29. **Lehr MA, Kilpatrick CW, Wilkerson RC, Conn JE.** Cryptic species in the *Anopheles (Nyssorhynchus) albitarsis* (Diptera: Culicidae) complex: Incongruence between RAPD-PCR identification and analysis of mtDNA *COI* gene sequences. *Ann Entomol Soc Am.* 2005;98:908-17.
30. **Mantilla G, Oliveros H, Barnston AG.** The role of ENSO in understanding changes in Colombia's annual malaria burden by region, 1960-2006. *Malar J.* 2009;8:6.
31. **Poveda G, Rojas W, Quiñones M, Vélez I, Mantilla R, Ruiz D, et al.** Coupling between annual and ENSO timescales in the malaria-climate association in Colombia. *Environ Health Perspect.* 2001;109:489-93.
32. **Stresman GH.** Beyond temperature and precipitation: Ecological risk factors that modify malaria transmission. *Acta Tropica.* 2010;116:167-72.
33. **Brochero H, Quiñones L.** Retos de la entomología médica para la vigilancia en salud pública en Colombia: reflexión para el caso de malaria. *Biomédica.* 2008;28:18-24