

COMUNICACIÓN BREVE

## Bionomía de *Anopheles (Nyssorhynchus) albimanus* (Diptera: Culicidae) en dos rancherías del pueblo wayúu, Riohacha, La Guajira, Colombia

Airleth Sofía Díaz<sup>1</sup>, Aura Isabel Sotelo<sup>1</sup>, Catalina González-Uribe<sup>1,2</sup>, Helena L. Brochero<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eje de Salud Pública, Fundación Santa Fe de Bogotá, Bogotá, D.C., Colombia

<sup>2</sup> Facultad de Medicina, Universidad de los Andes, Bogotá, D.C., Colombia

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C., Colombia

**Introducción.** Riohacha, capital del departamento de La Guajira, registra las tasas más altas de malaria o paludismo en el departamento, especialmente entre los indígenas de la etnia wayúu.

**Objetivo.** Describir algunos aspectos de la bionomía de las especies del género *Anopheles* presentes en dos rancherías de la etnia wayúu.

**Materiales y métodos.** Se hicieron dos muestreos durante las temporadas de lluvia y sequía en las rancherías Marbacella y El Horno (municipio de Riohacha, La Guajira). Se recolectaron formas inmaduras de los mosquitos y se describieron sus hábitats. Los mosquitos adultos se recolectaron al posarse en sujetos humanos, previo consentimiento informado, y con trampas de luz Shannon y CDC.

**Resultados.** Todos los ejemplares recolectados eran *Anopheles albimanus*, especie que registró actividad de picadura durante toda la noche en el peridomicilio (n=7), en tanto que en el intradomicilio se capturaron solo dos mosquitos entre las 18:00 y las 20:00 horas. Los sitios de cría positivos correspondieron a jagüeyes (n=7; 38,8 %), charcos (n=2; 10,5 %), y estanques piscícolas (n=2; 10,5 %). La mayor abundancia de formas inmaduras se encontró en los jagüeyes (n=25; 78 %), cuyo pH oscilaba entre 7,20 y 7,81 a una temperatura de 26,5 °C, y se localizaban a 150 m de distancia de las viviendas.

**Conclusión.** *Anopheles albimanus* se registró en todos los depósitos de agua de ambas rancherías. Dado que la especie se considera vector primario de la malaria en la zona, debe establecerse un sistema de vigilancia entomológica local que involucre a la comunidad a la vez que respete su cosmología y actividades rutinarias como la pesca.

**Palabras clave:** *Anopheles*; malaria; ecología; población indígena; Colombia.

doi: <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i2.3481>

### Bionomics of *Anopheles (Nyssorhynchus) albimanus* (Diptera: Culicidae) in two villages of the Wayúu people, Riohacha, La Guajira, Colombia

**Introduction:** Riohacha, capital of the department of La Guajira, reports the highest rates for malaria in the department, and the most vulnerable people are those of the Wayúu indigenous group.

**Objective:** To describe some aspects of the bionomics of the *Anopheles* species in two Wayúu settlements.

**Materials and methods:** Two sampling events were carried out during dry and rainy seasons in Marbacella and El Horno (Riohacha, La Guajira). Immature stages of *Anopheles* spp. were collected, and breeding sites were described. Adult mosquitoes were collected with human landing catches, Shannon traps and CDC traps.

**Results:** All collected specimens were *Anopheles albimanus*. Biting activity occurred outdoors during all the night (n=7), while indoors, only two mosquitoes were captured between 18:00 and 20:00 hours. The positive breeding sites corresponded to jagüeyes (n=7, 38.8%), pools (n=2, 10.5%), and fishponds (n=2, 10.5%). The highest abundance of immature forms was found in the jagüeyes (n=25, 78%), which had pH values between 7.20 and 7.81 and a temperature of 25°C, and were located 150 m away from Wayúu homes.

#### Contribución de los autores:

Airleth Sofía Díaz y Aura Isabel Sotelo: trabajo de campo y de laboratorio, y análisis de datos

Catalina González Uribe: análisis de datos

Helena Brochero: orientación del trabajo en campo y en el laboratorio

Todos los autores participaron en la revisión de los resultados y en la escritura del manuscrito.

**Conclusion:** *Anopheles albimanus* was the only collected species found in water supply deposits in the villages Marbacella and El Horno. Given that the species is the main vector for malaria in the area, we suggest the implementation of a community-based entomological surveillance system which should respect Wayúu cosmology and routine activities such as fishing.

**Key words:** *Anopheles*; malaria; ecology; indigenous population; Colombia.

doi: <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i2.3481>

La transmisión de la malaria, o paludismo, en la región Caribe de Colombia es endemoepidémica (1,2). El departamento de La Guajira, ubicado en dicha región, tiene una población aproximada de 526.148 habitantes, de los cuales 44,9 % son indígenas de la etnia wayúu (3,4), históricamente afectados por enfermedades transmitidas por insectos como la encefalitis equina venezolana en 1996 (5), y la malaria, con más de 5.853 casos registrados en los municipios de Riohacha, Manaure, Dibulla y Maicao en el año 2000 (6,7).

Durante el 2013, año en que se llevó a cabo el presente estudio, La Guajira registró 35 casos de paludismo por *Plasmodium vivax* (8,9) que afectaron a 62 % de la comunidad wayúu (6,10). Riohacha, capital del departamento y municipio donde se encuentran las rancherías Marbacella y El Horno de la etnia wayúu, constituye el segundo municipio endémico para malaria en La Guajira (2,11), y presentó un incremento en la incidencia de la enfermedad de 524 casos por 100.000 habitantes en el 2010 a 701 casos por 100.000 habitantes del área rural en el 2011 (3,8,10). *Anopheles albimanus* Wiedemann 1820 (Diptera: Culicidae), con amplia distribución geográfica en La Guajira (2,9), se considera el vector primario de malaria en ese departamento (9,12,13).

El objetivo de este estudio fue describir algunos aspectos de la bionomía de las especies del género *Anopheles* presentes en dos rancherías de la etnia wayúu.

### Materiales y métodos

Las rancherías Marbacella (11° 30' 24,5" N, 72° 59' 09,7" O; *World Geodetic System*, WGS 84) (figura 1) y El Horno (11° 30' 16,35" N, 72° 59' 21,31" O; WGS84) se encuentran en el área rural

#### Correspondencia:

Catalina González-Uribe, Eje de Salud Pública, Fundación Santa Fe de Bogotá, Carrera 7B N° 123- 90, tercer piso, Bogotá, D.C., Colombia

Teléfono: (57) 603 0303, extensión 5711  
catalina.gonzalez@fsfb.org.co

Recibido: 05/08/16; aceptado: 15/08/07

de Riohacha, a siete kilómetros de la cabecera municipal. Riohacha registra una población estimada de 170.000 habitantes (11) y corresponde a una zona de bosque seco tropical (Bs-T) (14) con elevaciones entre los 0 y los 45 msnm, una temperatura promedio anual de 28 a 39 °C, una precipitación promedio anual entre 500 y 1.000 mm, y una vegetación típica compuesta por árboles, arbustos y herbáceas, primordialmente de las familias Cactaceae, Capparidaceae, Mimosaceae y Fabaceae.

El clima de la zona se ve modificado por la brisa marina y los vientos alisios del noreste que soplan durante la mayor parte del año y determinan una temporada de lluvias generalmente en los meses de septiembre a noviembre, cuando la zona de convergencia intertropical se desplaza hacia el norte.

Riohacha registró un promedio anual de lluvias de 738 mm, con un promedio de 33 días de precipitaciones, entre 1981 y 2010. Según los testimonios de la población de las dos rancherías, en el 2013 el ciclo de lluvias fue atípico para el departamento, puesto que las precipitaciones fueron menores de lo esperado y se configuró como un año seco para la región (15).

El Horno cuenta con ocho viviendas y Marbacella, con 67, con un promedio de cinco personas por vivienda. En general, las viviendas tienen paredes



Figura 1. Ranchería Marbacella

de bahareque sin revocar (78,1 %), suelo de tierra o arena (91,8 %) y techo de cinc (67,1 %); todas cuentan con una cocina y una enramada para el descanso al atardecer en el exterior. La pesca es la actividad principal de sus habitantes, así como la elaboración de artesanías y el pastoreo de ganado caprino. No se cuenta con un puesto de salud local, por lo que los habitantes deben acudir al área urbana de Riohacha para su atención.

Se hicieron tres muestreos de adultos y de formas inmaduras de las especies de *Anopheles* entre los meses de mayo a julio y de septiembre a octubre que, según los registros climatológicos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, correspondieron a los meses con mayor precipitación en la región durante el periodo de 1982 a 2010 (16). Los mosquitos adultos se recolectaron al posarse en sujetos humanos, previo consentimiento informado, y empleando trampas de luz Shannon y CDC (17,18). La recolección de mosquitos al posarse en los sujetos se hizo durante 45 minutos cada hora a lo largo de 12 horas (18:00-6:00) en tres días consecutivos, tanto en el intradomicilio como en el peridomicilio de dos viviendas con historia de episodios previos de malaria. Las capturas estuvieron a cargo de parejas compuestas por personas capacitadas que se rotaban entre el intradomicilio y el peridomicilio cada dos horas, con el fin de evitar efectos de sesgo en el muestreo. Las trampas CDC se colocaron en el peridomicilio durante doce horas a partir de las 18:00 horas, en tanto que las trampas Shannon se colocaron en el exterior de las viviendas entre las 20:00 y las 22:00 horas durante los mismos tres días consecutivos. El peridomicilio se estableció como el perímetro de diez metros alrededor de la vivienda, y el extradomicilio, como el área comprendida más allá del peridomicilio. Los mosquitos *Anopheles* spp. se capturaron con aspirador manual y se mantuvieron vivos con solución azucarada al 10 % (17,18) en frascos plásticos etiquetados con la hora, lugar y tipo de muestreo, con el fin de obtener las isofamilias.

En cada ranchería se hizo el reconocimiento del área circundante en un radio de 1 km, aproximadamente, con el propósito de describir los posibles criaderos de las especies de *Anopheles* presentes y aquellos registrados por la Secretaría Departamental de Salud de La Guajira. Se inspeccionaron los cuerpos de agua con base en los datos de georreferenciación, de pH, de temperatura del agua a diez cm de profundidad, y de vegetación emergente, flotante o circundante, y se recolectaron larvas de tercer

y cuarto estadio con el método del cucharón (10 cucharones por cada metro cuadrado de superficie) (18). Las larvas recolectadas se preservaron con agua del criadero en frascos limpios de 15 ml, y se separaron larvas de cuarto estadio para la obtención de las exuvias y los adultos emergentes (18).

El manejo de este material biológico se ciñó a la normatividad para la recolección, el empaque, el transporte, la remisión y el manejo en el laboratorio de muestras entomológicas, contemplada en los lineamientos nacionales para el manejo de las enfermedades transmitidas por vectores (19). Las formas inmaduras se procesaron para su montaje permanente, los adultos se montaron en alfiler (20), y la determinación taxonómica se hizo con base en los caracteres morfológicos (20,21).

El trabajo de laboratorio se realizó en el Laboratorio de Entomología, Área de Genética de Insectos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

### Aspectos éticos

La recolección del material entomológico estuvo a cargo de funcionarios de la Secretaría Departamental de Salud de La Guajira y de los investigadores del estudio, quienes firmaron un consentimiento informado en el que se explicaba su objetivo y los posibles riesgos. Las actividades de recolección de insectos se explicaron a la comunidad wayúu de las rancherías Marbacella y El Horno, cuyos líderes aprobaron el desarrollo del proyecto "Co-construcción de una estrategia de Ecosalud para la prevención, vigilancia y control de enfermedades transmitidas por vectores en comunidades indígenas de Colombia". El proyecto contó con el aval del Comité Corporativo de Ética en Investigación de la Fundación Santa Fe de Bogotá (Acta N° 7 del 6 de mayo de 2013).

### Resultados

Se recolectaron 13 hembras adultas silvestres (n=11; 84,6 %) al posarse en los sujetos humanos, con 154 horas de esfuerzo. Dos (15,3 %) mosquitos se recolectaron mediante búsqueda directa en abrigo animal, con 1,15 horas de esfuerzo. No se obtuvieron isofamilias de los mosquitos recolectados. Tras 62 horas de exposición de las trampas CDC y tres de las trampas Shannon, no se recolectaron mosquitos adultos del género *Anopheles*. Todos los especímenes recolectados eran *An. (Nyssorhynchus) albimanus*. Dada la poca cantidad de mosquitos, no fue posible determinar el patrón de la actividad hematófaga. Sin embargo,

se capturaron cuatro (36,6 %) mosquitos en el intradomicilio: dos entre las 18:00 y las 20:00 horas, y dos entre las 21:00 y las 23:00 horas; y en el peridomicilio se capturaron siete (63,6 %) mosquitos: dos entre las 18:00 y las 20:00 horas, cuatro entre la 1:00 y las 3:00 horas, y uno entre las 5:00 y las 6:00 horas.

Se describieron diecinueve criaderos en las rancherías Marbacella y El Horno (cuadro 1), 11 de los cuales fueron positivos para larvas de *An. albimanus*. El hábitat más frecuente fueron los jagüeyes (n=7; 38,8 %), es decir, excavaciones en el suelo, de origen antrópico, utilizadas para el almacenamiento de aguas lluvias y de escorrentía para uso doméstico. El agua se encontró turbia, con fondo lodoso y, en algunos casos, con materia orgánica y vegetación emergente y flotante. Los jagüeyes tenían una profundidad entre uno y tres m, y su área fluctuaba entre los 200 y los 12.000 m<sup>2</sup>; la vegetación circundante estaba compuesta por leguminosas, cactáceas y herbáceas. El jagüey

más cercano a las viviendas se encontró a 51 m, justo entre las dos rancherías (cuadro 2). Los charcos (n=2) representaron 10,5 % del total de los criaderos con presencia de la especie; estos son pequeñas depresiones naturales del terreno que acumulan agua lluvia y son menos profundos que los jagüeyes (profundidad máxima de 0,7 m), con suelos lodosos o arenosos; en ellos se encontró materia orgánica, así como leguminosas, cactáceas y herbáceas circundantes y emergentes. En los estanques piscícolas, excavaciones de origen antrópico con el propósito de almacenar agua para la cría de camarones, con un pH entre 7,35 y 7,51 y una temperatura entre los 26 y los 31 °C, de fondo lodoso y con vegetación emergente, flotante y circundante asociada, también se encontraron formas inmaduras de la especie (n=2).

## Discusión

*Anopheles albimanus* constituyó la única especie registrada en las rancherías Marbacella y El Horno, tanto en sus formas inmaduras como adultas. Esta especie se considera uno de los principales vectores de malaria en Colombia (14,22-24). Las capturas solo se lograron durante los meses de septiembre a octubre, en los cuales se registró la mayor precipitación, con 155 mm y 183 mm, respectivamente (25). *Anopheles albimanus* se considera una especie oportunista (26,27) que puede adaptarse a criaderos en función de las precipitaciones y de la presión antrópica, y que busca reservorios de agua para uso doméstico (28,29).

En general, los cuerpos de agua registrados en la zona de estudio presentaban áreas grandes, hasta de 22.800 m<sup>2</sup>, con una profundidad máxima de tres m, y estaban situados cerca de las viviendas, ya que la comunidad wayúu los utiliza en todas las actividades rutinarias, como el lavado de la ropa y el baño diario, y para el consumo humano y de los animales, entre otros. Es claro que los jagüeyes constituyen los criaderos más aptos para la especie, con nutrientes esenciales derivados de las aguas de escorrentía, exposición al sol que asegura la conversión de ácidos grasos esenciales para las formas inmaduras (30) y espejos de agua que cubren entre 4.000 y 24.000 m<sup>2</sup>, lo cual permite el crecimiento de vegetación que sirve de refugio de las larvas frente a los depredadores (8,31,32).

Esta situación permite la aparición de criaderos permanentes y temporales cercanos a las viviendas y asegura una fuente de alimento para los mosquitos adultos, así como la diversidad de hábitats que contribuyen a la amplia distribución

**Cuadro 1.** Características de los cuerpos de agua, temporales y permanentes, en las rancherías Marbacella y El Horno

Características del criadero		Número de criaderos
Origen	Natural	8
	Antrópico	11
Tipo	Jagüey	7
	Estanque piscícola	4
	Potrero inundado	5
	Charco	2
	Caño	1
Duración	Temporal	17
	Permanente	2
Nivel de agua en época de sequía	Bajo	19
	Medio	0
	Alto	0
Presencia de vegetación en época de sequía	Circundante	16
	Emergente	2
	Flotante	1
Unidad de paisaje	Arbustal	18
	Herbazal	1
Fuente de recarga	Lluvia y escorrentía	-
Ancho máximo promedio (m)	62,26	-
Largo máximo promedio (m)	172,21	-
Profundidad máxima promedio (m)	1,7	-
Área promedio (m <sup>2</sup> )	10.220,73	-
Altitud máxima (msnm)	10	-
Altitud mínima (msnm)	0	-
Usos	Bebedero de animales, uso doméstico	-
Suelo	Arena	-

**Cuadro 2.** Cuerpos de agua positivos para *Anopheles albimanus* en las rancherías Marbacella y El Horno

Ubicación	Tipo de criadero	Distancia a la vivienda más cercana (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Profundidad máxima (m)	Temperatura del agua (°C)	pH	Número de larvas
El Horno	Jagüey	141	12.000	1,8	26,6	7,20	7
El Horno	Jagüey	132	2.294	1,8	26,7	7,81	8
El Horno	Estanque piscícola	600	22.800	2	26	7,35	2
El Horno	Estanque piscícola	200	10.500	1	31	7,51	1
Marbacella	Jagüey	51	2.400	1	29,65	7,32	2
El Horno	Charco	300	65	0,5	29,8	6,97	1
Autopista, margen izquierda (ranchería Marbacella)	Charco	300	500	0,10	26,8	7,45	3
Marbacella	Jagüey	200	2.000	2	28,2	7,12	2
Marbacella	Jagüey	200	6.000	3	29,4	7,63	1
Autopista, margen izquierda (ranchería Marbacella)	Jagüey	300	390	3	31,4	8,25	4
Autopista, margen izquierda (ranchería Marbacella)	Jagüey	600	200	3	31,9	7,25	1

geográfica característica de *An. albimanus* tanto en áreas rurales como urbanas (20,33). Las larvas suelen desarrollarse aprovechando criaderos de gran extensión, en aguas dulces o salobres, limpias, o con alto contenido de materia orgánica, aunque también se pueden encontrar larvas en pequeños depósitos de agua, preferiblemente naturales, por presión de la selección y por oportunismo, así como en recipientes artificiales (26,28,33-35).

La Guajira registra nueve especies de *Anopheles* (7,9,11,13) y la presencia de los tres principales vectores de malaria en el país: *An. albimanus*, *An. darlingi* Root y *An. nuneztovari* Gabaldon; sin embargo, en la epidemia de malaria de 1999 a 2000, solo se incriminó a *An. albimanus* (7,35). Muchos factores confluyeron en la epidemia de malaria en La Guajira, pero el incremento de la precipitación, que generó inmensos criaderos aptos para la especie, fue esencial para el aumento de las poblaciones (7). Sin embargo, en la época seca los mosquitos adultos también pueden encontrar refugio, pues vuelan grandes distancias (26), y mantener las características genéticas propias de una metapoblación aptas para su adaptación ecológica durante todo el año (26,29,36-40).

*Anopheles albimanus* se describe como una especie predominantemente exofágica, con preferencia por animales, que presenta actividad hematófaga durante toda la noche (13,26,28,29,36). A pesar de la poca cantidad de adultos recolectados durante este estudio, existe un gran riesgo de transmisión de la malaria, pues los ejemplares se encontraron picando a humanos hacia el crepúsculo, momento en que se desarrollan múltiples actividades domésticas en el peridomicilio, y hacia la media noche,

cuando las personas se encuentran durmiendo y no tienen defensas para las picaduras, a menos que se cubran con mosquiteros (12,24,29,40-43).

El comportamiento y la distribución de algunos vectores de la malaria se relacionan estrechamente con las condiciones climáticas, especialmente la temperatura y las precipitaciones (44,45). Se ha planteado la hipótesis de que el cambio global en el clima generará condiciones desfavorables para *An. albimanus* en ciertas regiones de Mesoamérica, incluida La Guajira, lo cual podría ocasionar un desplazamiento de la especie a zonas con condiciones más favorables para su desarrollo, aumentando así su rango de distribución geográfica (46). Sin embargo, esta transición hacia un incremento en la temperatura ambiental puede contribuir a aumentar el riesgo de transmisión de la enfermedad debido a que los ciclos gonotróficos se hacen más cortos, y ello se traduce en un mayor número de picaduras (47). Las características abióticas de la zona, la cosmología de sus habitantes y las necesidades básicas insatisfechas de la comunidad wayúu, exigen la ejecución de programas de prevención, control y vigilancia de insectos vectores que involucren el manejo ambiental, la planificación, la organización y la implementación de estrategias para disminuir la carga de la enfermedad en esta zona del país. Es muy importante promover las buenas prácticas para el manejo del agua y de los residuos sólidos, así como las alertas tempranas durante los períodos de precipitación típicos de la zona (48).

#### Agradecimientos

Agradecemos la colaboración del cuerpo administrativo y técnico de la Secretaría de Salud de La Guajira, por el apoyo logístico y técnico en

campo, y a los pobladores de las rancherías Marbacella y El Horno, por permitirnos la entrada a su comunidad.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses con respecto a los contenidos del manuscrito.

### Financiación

Este estudio hizo parte del proyecto “Co-construcción de una estrategia de Ecosalud para la prevención, vigilancia y control de enfermedades transmitidas por vectores en comunidades indígenas de Colombia”, financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) (código de programa 5016-53730914), y hace parte de la Iniciativa Latinoamericana de Ecosalud en ETV apoyada por el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (IDRC).

### Referencias

1. **Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud.** Transmisión epidémica de la malaria en Colombia. Sivigila, semana epidemiológica N° 10 de 2002. Bogotá: Instituto Nacional de Salud; 2002.
2. **Rodríguez J, Uribe G, Araújo R, Narváez P, Valencia S.** Epidemiology and control of malaria in Colombia. Mem Inst Oswaldo Cruz. 2011;106(Supl.1):114-22. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762011000900015>
3. **Secretaría Departamental de Salud, Gobernación de La Guajira.** Análisis de situación en salud (ASIS) del departamento de La Guajira 2011. Riohacha: Secretaría Departamental de Salud; 2012.
4. **Departamento Administrativo Nacional de Estadística.** Perfiles censo general 2005. Fecha de consulta: 16 de mayo de 2017. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1>.
5. **Rivas F, Díaz L, Cárdenas V, Daza E, Bruzón L, Alcalá A, et al.** Venezuelan equine encephalitis in La Guajira, Colombia 1995. J Infect Dis. 1997;175:828-32.
6. **Instituto Nacional de Salud.** Informe epidemiológico de evento. Malaria, periodo XII de 2013. Bogotá: Instituto Nacional de Salud; 2013. Fecha de consulta: 22 de julio de 2016. Disponible en: <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/Informe%20de%20Evento%20Epidemiologico/MALARIA%202013.pdf>.
7. **Servicio de Erradicación de la Malaria.** Plan para la erradicación de la malaria en Colombia. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Bogotá: Ministerio de Salud; 1957. p. 235.
8. **González A.** Epidemia de malaria en La Guajira: una muestra lamentable de la situación de salud pública en el país. Biomédica. 2000;20:151-2.
9. **Cáceres DC, de la Hoz F, Nicholls S, De Antonio R, Velandia M, Olano V, et al.** Brote de malaria en La Guajira, 1° de diciembre de 1999 a 1° de febrero de 2000. Biomédica. 2000;20:152-61.
10. **Ministerio de Salud y Protección Social.** Indicadores básicos en salud, 2014. Situación de salud en Colombia. Bogotá: Minsalud; 2014. p. 137.
11. **Herrera-Varela M, Orjuela L, Peñalver C, Conn J, Quiñones M.** *Anopheles* species composition explains differences in *Plasmodium* transmission in La Guajira, northern Colombia. Mem Inst Oswaldo Cruz. 2014;109:952-6. <https://doi.org/10.1590/0074-0276140126>
12. **Gutiérrez L, González J, Gómez G, Castro M, Rosero D, Luckhart S, et al.** Species composition and natural infectivity of anthropophilic *Anopheles* (Diptera: Culicidae) in Córdoba and Antioquia states in northwestern Colombia. Mem Inst Oswaldo Cruz. 2009;104:1117-24. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762009000800008>
13. **Montoya-Lerma J, Solarte YA, Giraldo-Calderón GI, Quiñones ML, Ruiz-López F, Wilkerson RC, et al.** Malaria vector species in Colombia - A review. Mem Inst Oswaldo Cruz. 2011;106(Supl.1):223-38. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762011000900028>
14. **Holdrige LR.** Life zone ecology. San José Costa Rica: Tropical Science Center; 1967. p. 206.
15. **Santodomingo A, Castro-Díaz L, González-Uribe C.** Ecosystem research experience with two indigenous communities of Colombia: The Ecohealth calendar as a participatory and innovative methodological tool. EcoHealth. 2016;13:687-97. <https://doi.org/10.1007/s10393-016-1165-1>
16. **Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.** Promedios climatológicos 1981-2010. Fecha de consulta: 16 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>.
17. **World Health Organization.** Malaria entomology and vector control. Learner's Guide (Internet). Geneva: World Health Organization; 2003. Disponible en: [http://whqlibdoc.who.int/hq/2003/WHO\\_CDS\\_CPE\\_SMT\\_2002.18\\_Rev.1\\_PartI.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2003/WHO_CDS_CPE_SMT_2002.18_Rev.1_PartI.pdf).
18. **Service MW.** Mosquito ecology: Field sampling methods. Second edition. Londres; Elsevier Applied Science; 1975. p. 988.
19. **Ministerio de Salud y Protección Social, Instituto Nacional de Salud, Organización Panamericana de la Salud.** Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de la malaria. Bogotá: Minsalud, Instituto Nacional de Salud, Organización Panamericana de la Salud; 2011. p. 130.
20. **González R, Carrejo N.** Introducción al estudio taxonómico de *Anopheles* de Colombia. Claves y notas de distribución. Cali: Universidad del Valle; 2007. p. 260.
21. **Faran M, Linthicum KJ.** A handbook of the Amazonian species of *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) (Diptera: Culicidae). Mosq Syst. 1981;13:1-81.
22. **Herrera S, Suárez M, Sánchez G, Quiñones M, 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.
23. **Quiñones M, Suárez M, Fleming G.** Distribución y bionomía de los anofelinos de la Costa Pacífica de Colombia. Colombia Médica. 1987;18:19-23.
24. **Olano V, Brochero H, Sáenz R, Quiñones M, Molina J.** Mapas preliminares de la distribución de especies de *Anopheles* vectores de malaria en Colombia. Biomédica. 2001;21:402-8.

25. **Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.** Boletín climatológico mensual 2013. Fecha de consulta: 16 de mayo de 2017. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/climatologico-mensual>.
26. **Frederickson EC.** Bionomics and control of *Anopheles albimanus*. Technical paper No. 34. Washington, D.C.: Pan American Health Organization; 1993.
27. **Scorza J, Rodríguez E, Moreno G.** Ecología poblacional de *Anopheles nuñeztovari* Gabaldon 1940, en el occidente de Venezuela. Bol Dir Malarial San Amb. 1981;XXI:1-27.
28. **CIDEIM.** Manual de entomología médica para investigadores de América Latina. Cali: CIDEIM; 1994. p. 163-212.
29. **Rubio-Palis Y.** *Anopheles (Nyssorhynchus)* de Venezuela. Taxonomía, bionomía, ecología e importancia médica. Maracay: Escuela de Malariología y Saneamiento Ambiental "Dr. Arnoldo Gabaldón" y el Proyecto de Control de Enfermedades Endémicas; 2000.
30. **Rejmánková E, Grieco J, Achee N, Roberts DR.** Ecology of larval habitats. En: Manguin S, editor. *Anopheles* mosquitoes - New insights into malaria vectors. Rijeka (HR): InTech; 2013. <https://doi.org/10.5772/3392>
31. **Ageep TB, Cox J, Hassan MM, Knols BG, Benedict MQ, Malcolm CA, et al.** Spatial and temporal distribution of the malaria mosquito *Anopheles arabiensis* in northern Sudan: Influence of environmental factors and implications for vector control. Malar J. 2009;7:123-36. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-8-123>
32. **Merritt RW, Dadd RH, Walker ED.** Feeding behaviour, natural food, and nutritional relationships of larval mosquitoes. Ann Rev Entomol. 1992;37:349-76. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.37.010192.002025>
33. **González R.** Efecto del criadero sobre la duración del ciclo de vida y productividad de *Anopheles albimanus* Wiedemann (Diptera: Culicidae). Bol Mus Entomol Univ Valle. 2005;6:1-6.
34. **Mendizábal M, Peraza I, Pérez M, Valdés V, Molina R, Marquetti MC.** Presencia larval de *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae) en La Habana, Cuba, 2010-2012. Rev Cubana Med Trop. 2010;66:241-51.
35. **Porras A, De la Hoz F, Velandia MP, Olano VA, Cáceres DC, Rojas LJ, et al.** Epidemia de malaria en La Guajira, enero a noviembre del 2000: balance final. Inf Quinc Epidemiol Nac. 2001;6:205-14.
36. **Pan American Health Organization.** Biology and ecology of *Anopheles albimanus* Wiedemann in Central America. Washington, D.C.: PAHO; 1996. p. 32.
37. **González R, Martínez LM.** Nuevo registro de distribución altitudinal de *Anopheles albimanus* Wiedemann (Diptera: Culicidae). Bol Mus Entomol Univ Valle. 2006;7:19-23.
38. **Solarte Y, González R, Hurtado JC, Alzate A.** Influencia de la vegetación en la presencia, distribución y abundancia de criaderos de tres especies de *Anopheles* (Diptera: Culicidae) en la parte baja del río Naya, costa Pacífica de Colombia. Bol Mus Entomol Univ del Valle. 1994;2:55-72.
39. **Rubio-Palis Y, Menare C, Quinto A, Magris M, Amarista M.** Caracterización de criaderos de anofelinos (Diptera: Culicidae) vectores de malaria del Alto Orinoco, Amazonas, Venezuela. Entomotrópica. 2005;20:29-38.
40. **Warrel D, Gilles H.** Essential malariology. Cuarta edición. Londres: CRC Press; 2002; p. 384.
41. **Githeko AK, Lindsay SW, Confalonieri UE, Patz JA.** Climate change and vector-borne diseases: A regional analysis. Bull World Health Organ. 2000;78:1136-47.
42. **Olano V, Carrasquilla G, Méndez F.** Transmisión de la malaria urbana en Buenaventura, Colombia: aspectos entomológicos. Rev Panam Salud Pública. 1997;1:287-94. <https://doi.org/10.1590/S1020-49891997000400005>
43. **Olano VA, Carrillo MP, Espinal CA.** Estudios de infectividad de la especie *Anopheles albimanus* Wiedemann 1820 (Diptera: Culicidae) cepa Cartagena con plasmidios humanos. Biomédica 1985;5:5-10. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v5i1-2.1895>
44. **Stresman GH.** Beyond temperature and precipitation: Ecological risk factors that modify malaria transmission. Acta Trop. 2010;116:167-72. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2010.08.005>
45. **Mantilla G, Oliveros H, Barnston A.** The role of ENSO in understanding changes in Colombia's annual malaria burden by region, 1960-2006. Malar J. 2009;8:6. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-8-6>
46. **Fuller DO, Ahumada ML, Quiñones ML, Herrera S, Beier JC.** Near-present and future distribution of *Anopheles albimanus* in Mesoamerica and the Caribbean Basin modelled with climate and topographic data. Int J Health Geogr. 2012;11:13. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-11-13>
47. **Rúa GL, Quiñones ML, Vélez ID, Zuluaga JS, Rojas W, Poveda G.** Laboratory estimation of the effects of increasing temperatures on the duration of gonotrophic cycle of *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae). Mem Inst Oswaldo Cruz. 2005;100:515-20. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762005000500011>
48. **World Health Organization.** World Malaria Report 2013. Geneva: WHO; 2013.