



## Malaria en regiones mineras de Colombia: características epidemiológicas y factores ambientales asociados

Joven Romo, D.J.<sup>1</sup> ; Melo Villota, D.F.<sup>1</sup> ; Vallejo Canchala, L.S.<sup>1</sup> ; Obando Rojas, M.<sup>2</sup> ; Sanchez Rojas, I.C.<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup>Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Institución Universitaria del Putumayo. Colombia. <sup>2</sup>Grupo de Investigación en Recursos Naturales Amazónicos GRAM (COL0090487), Institución Universitaria del Putumayo. Colombia. ✉ [ivan.sanchez@itp.edu.co](mailto:ivan.sanchez@itp.edu.co)

### Resumen

La malaria sigue siendo un problema de salud pública a nivel mundial, especialmente en regiones tropicales como Colombia. En particular, la región del Pacífico es la más afectada debido a factores ambientales como las altas precipitaciones y temperaturas asociadas al cambio climático. A esto se suma la presencia de actividades mineras y de explotación de recursos, que no solo favorecen la propagación de la enfermedad, sino que también tienen un impacto social significativo en las comunidades mineras, especialmente en términos de salud y condiciones de vida. Por lo tanto, es esencial adoptar estrategias eficaces para la prevención y tratamiento de la malaria, lo que incluye mejorar los sistemas de vigilancia epidemiológica para identificar y responder rápidamente a los brotes. En el presente artículo analizamos las relaciones entre los cambios ambientales inducidos por la actividad minera y los casos de malaria en Colombia. Se realizó a partir de información documental, recopilada en bases de datos académicas y gubernamentales publicadas durante los últimos 15 años.

**Palabras clave:** Cambio climático, enfermedad, transmisión, vectores, minería, *Plasmodium*.

## Malaria in mining regions of Colombia: epidemiological characteristics and associated environmental factors

**Abstract.** Malaria remains a significant global public health concern, particularly in tropical regions such as Colombia. The Pacific region is the most severely affected due to environmental factors such as high rainfall and elevated temperatures, which have been intensified by climate change. Moreover, mining and resource exploitation activities not only facilitate the transmission of malaria, but also exert profound social impact on local communities, particularly in terms of health and living conditions. In this context, the implementation of effective strategies for malaria prevention and treatment is essential, including the strengthening of epidemiological surveillance systems to ensure early detection and rapid response to outbreaks. This study analyzes the correlation between environmental changes induced by mining activities and the incidence of malaria in Colombia. The analysis is based on documentary sources collected from academic and governmental databases published over the past 15 years.

**Key words:** Climate change, disease, transmission, vectors, mining, *Plasmodium*.

### INTRODUCCIÓN

La malaria, también conocida como paludismo, es una enfermedad infecciosa provocada por parásitos del género *Plasmodium*. Estos parásitos se transmiten a los humanos a través de la picadura de mosquitos del género *Anopheles* infectados. Una vez dentro del cuerpo humano, los parásitos se multiplican primero en el hígado y luego

infectan los glóbulos rojos, dando lugar a la enfermedad (Ramos 2020). La malaria puede afectar a personas de todas las edades y puede ser especialmente peligrosa para ciertos grupos vulnerables, como niños pequeños y mujeres embarazadas (Bracho et al. 2022).

Dentro del género *Plasmodium* se distinguen las especies *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae* y *P. ovale* como agentes causales de la malaria en el mundo (Culleton

et al. 2023). Este parásito, tiene también como hospedero a primates como el mono araña negro (*Ateles paniscus*), mono aullador rojo (*Alouatta seniculus*) y mono churuco (*Lagothrix lagotricha*) (Nodolf et al. 2025).

La malaria sigue siendo una de las principales amenazas para la salud pública mundial. En 2023, se registraron aproximadamente 263 millones de casos y 597.000 muertes por malaria a nivel global, lo que representa un aumento de 11 millones de casos respecto al año anterior. La región africana concentra el 94% de los casos y el 95% de las muertes, con más de la mitad de los decesos ocurridos en Nigeria, República Democrática del Congo, Uganda, Etiopía y Mozambique. En América, se notificaron 505.600 casos en 2023, con Brasil, Venezuela y Colombia representando el 80% de los casos (Organización Mundial de la Salud 2023).

En Colombia, en el año 2023 el número de contagios de malaria en Colombia fue de 105.479 casos, de los cuales 103.880 tuvieron una presentación no complicada y 1.599 complicada, incluyendo 23 fallecimientos. La especie parasitaria predominante fue el *P. vivax*, representando el 63,1% (66.535 casos), seguido del *P. falciparum* con el 35,9% (37.851 casos), y un 1% (1.093 casos) de infección mixta. No se detectaron casos de *P. malariae* (Instituto Nacional de Salud 2023). Asimismo, para el año 2024, hasta el mes de octubre (semana epidemiológica 44), se habían reportado 110.343 casos de malaria: 76.074 no complicada y 1.357 malaria complicada, incluyendo 16 fallecimientos. A su vez, a nivel nacional, el 96,9% de los diagnósticos de malaria provienen de los siguientes departamentos de Chocó (35,4%), Antioquia (13,3%), Córdoba (10,9%), Vaupés (8,7%) y Nariño (7,3%) (Instituto Nacional de Salud 2024a).

No obstante, es importante comprender que esta enfermedad no surge de manera espontánea, sino que está favorecida por el cambio climático, especialmente por condiciones específicas como el aumento en la temperatura, la humedad y la precipitación (Hernández et al. 2020). En ese sentido, la minería en Colombia favorece la propagación de la enfermedad debido a diversos factores, entre ellos se incluyen el desplazamiento de población hacia áreas rurales y la creación de criaderos de mosquitos debido a la alteración del paisaje (Salas et al. 2021). Además, la actividad minera puede generar aguas estancadas propicias para la reproducción de los vectores debido a la extracción de minerales y la excavación de pozos. Estas condiciones, combinadas con un acceso limitado a servicios de salud y medidas de control de la malaria, contribuyen al aumento de la incidencia de la enfermedad en las zonas mineras (Amaral et al. 2024).

Esta revisión pretende ofrecer información relevante sobre la prevalencia de la malaria en zonas de confluencia minera de Colombia mediante el comportamiento epidemiológico de la enfermedad, la identificación de los factores ambientales que contribuyen a la propagación de esta y los factores ecológicos asociados a la seroprevalencia de *Plasmodium* en zonas de confluencia minera de Colombia.

**Descripción de la malaria.** La malaria o paludismo es una enfermedad que ya se menciona en antiguos textos médicos asirios, chinos e hindúes. Es producida por un

parásito del género *Plasmodium* (Carmona y Cardona 2022). Se caracteriza por ser una enfermedad febril sistémica, transmitida a los humanos por la picadura de mosquitos del género *Anopheles* (Culicidae), la cual ocurre generalmente entre el anochecer y el amanecer. Según Hernández et al. (2020), esta enfermedad se presenta en la mayoría de las regiones tropicales del mundo, donde tiene altas tasas de incidencia. Aunque ha mostrado una tendencia a la baja en los últimos años, sigue siendo un problema de salud pública en las zonas endémicas. Los residentes de estas áreas tienen el mayor riesgo de contraerla.

**Manifestaciones clínicas.** Los síntomas más frecuentes causados por esta enfermedad son fiebre, escalofríos, sudoración, cefalea, mialgias y con menos frecuencia dolores abdominales, vómitos y diarrea, sin embargo, las complicaciones de estos síntomas pueden llevar a la muerte incluyendo malaria cerebral, falla renal, falla hepática, anemia grave, trombocitopenia y edema pulmonar (Altamiranda et al. 2023).

Según Buery et al. (2021), transcurrido el período de incubación que puede variar según la especie de *Plasmodium* y que puede ir de 10 días a 4 semanas, la enfermedad se manifiesta por malestar general, artralgias, mialgias, cefalea, seguidos por escalofríos y fiebre alta (mayor a 40 grados centígrados). La fiebre es cíclica (se repite entre 2 y 4 días más tarde dependiendo de la especie de *Plasmodium*), producto de la destrucción de los glóbulos rojos infectados. Al examen físico se detecta ictericia, anemia, hepatomegalia y síntomas neurológicos, también dependiendo de la especie.

En las mujeres embarazadas, durante la gestación, la malaria puede causar bajo peso al nacer en fetos, retraso en el crecimiento intrauterino y otros problemas. Las mujeres embarazadas que tienen una inmunidad contra la malaria relativamente baja corren un mayor riesgo de enfrentar complicaciones graves, como aborto, nacimiento de un feto sin vida o la muerte tanto de la madre como del recién nacido (Bracho et al. 2022).

**Género *Plasmodium*.** Los parásitos de la malaria son protozoos (del griego protos=primero, zoon-un animal viviente) correspondientes a organismos unicelulares. Los esporozoos (del griego sporos=una semilla; zoon-animal viviente) son protozoos que forman esporos después de la unión de las células sexualmente diferenciadas. La clase Sporozoea, a la cual pertenecen los parásitos de la malaria, está dividida en varios órdenes, clasificados a su vez en sub-órdenes, uno de los cuales es el sub-orden Haemosporidiidae. Los Haemosporidiidae son parásitos que pasan una parte de su ciclo biológico en las células sanguíneas. En el género *Plasmodium*, perteneciente al sub-orden Haemosporidiidae (Dvorin y Goldberg 2022).

## ESPECIES DE PLASMODIUM MÁS RELEVANTES EN COLOMBIA

***Plasmodium vivax*.** Según Pérez (2021), *P. vivax* es la segunda especie más importante de los parásitos del género *Plasmodium* y la primera en zonas tropicales, lo que pone en riesgo de infección a alrededor del 35% de la población

mundial. Aunque las infecciones rara vez son mortales, las enfermedades clínicas pueden ser debilitantes e imponen importantes repercusiones sanitarias y económicas en las poblaciones afectadas. El impacto económico y la gravedad de la enfermedad por *P. vivax* se han subestimado, además, se sabe que la malaria incapacita a personas de todas las edades, lo que resulta en episodios febriles repetidos, anemia grave, dificultad respiratoria y, a veces, malos resultados en el embarazo.

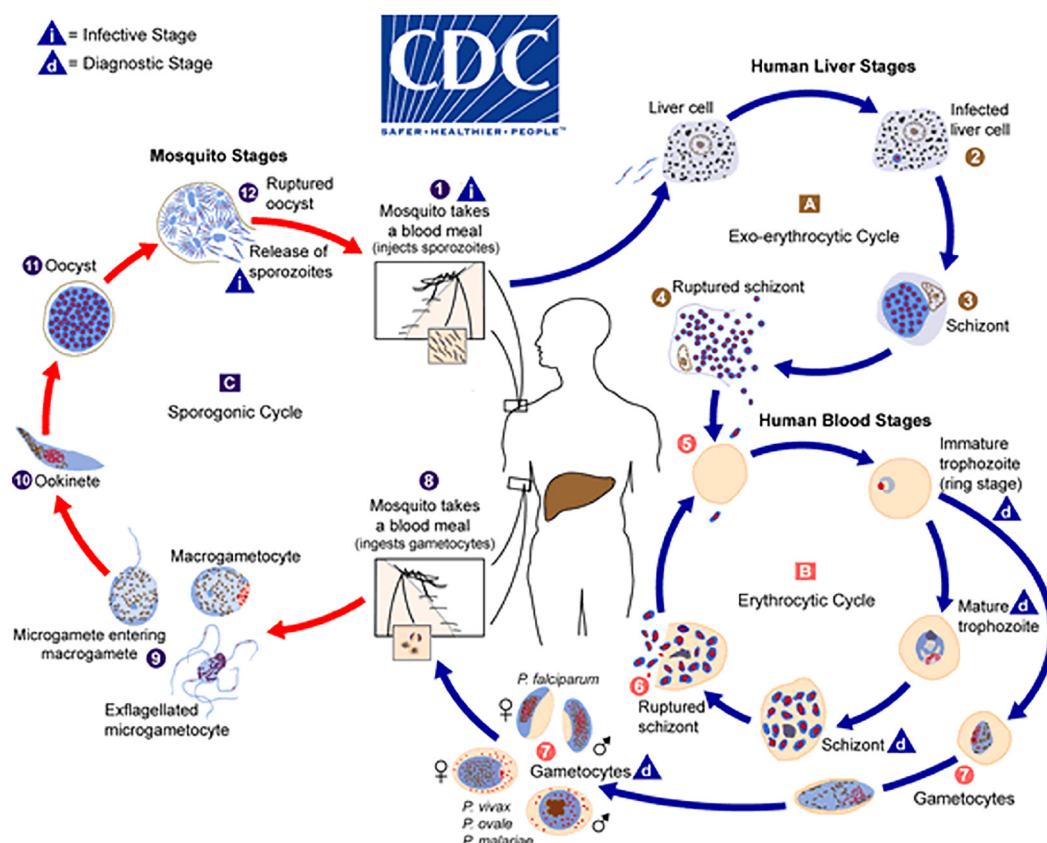
El parásito *P. vivax* es el principal agente etiológico del paludismo en vastos territorios tropicales de América Central, América del Sur y Asia. Este parásito produce estadios hepáticos latentes o hipnozoitos causantes de las recidivas de la enfermedad y sus variantes tropicales provocan recidivas a corto plazo y ataques clínicos frecuentes. De todas las drogas antipalúdicas, únicamente la primaquina (PQ) ejerce acción curativa sobre los hipnozoitos (Carmona y Cardona 2022).

***Plasmodium falciparum*.** Es la especie más común en regiones tropicales y subtropicales donde las condiciones climáticas son incidentes en la enfermedad, especialmente en África subsahariana. Sin embargo, también se puede encontrar en otras partes del mundo donde las condiciones son propicias para la reproducción del *Anopheles* (Abdel et al. 2023). Según la Organización Panamericana de la Salud (2021), *P. falciparum* es la especie más frecuentemente encontrada como causante de enfermedad y muerte por malaria complicada, con una tasa de mortalidad en pacientes complicados entre 10 y 50%; *P. falciparum* está

asociado al 95% de los casos mortales por malaria en el mundo.

**Ciclo biológico de *Plasmodium*.** El ciclo biológico de *Plasmodium* es complejo e involucra múltiples etapas tanto en la hembra del género *Anopheles* como en el humano. Los gametocitos ingeridos por el mosquito se transforman en gametos masculinos y femeninos dentro del intestino del mosquito, estos se fusionan para formar un cigoto, que se desarrolla en un ooquiste en la pared del intestino, aquí ocurre la división nuclear y la formación de esporozoitos los cuales se liberan del ooquiste y migran a las glándulas salivales del mosquito, donde esperan ser transmitidos a un nuevo huésped humano mediante la picadura (Mirel 2020).

Cuando el vector infectado con *Plasmodium* pica a un humano, transfiere los parásitos al torrente sanguíneo, dentro del humano, los parásitos viajan al hígado y se multiplican en las células hepáticas (Figura 1). Esta etapa se llama exoeritrocítica o pre-eritrocítica. En el hígado, los parásitos se transforman en esquizontes, que luego se rompen liberando merozoitos, estos ingresan en la circulación sanguínea y penetran en los glóbulos rojos, dentro de estos los merozoitos maduran y se multiplican asexualmente, dando lugar a esquizontes los cuales se rompen liberando nuevos merozoitos que infectan a otros glóbulos rojos, continuando el ciclo. Este ciclo de vida completo puede tomar aproximadamente de 10 a 15 días en condiciones óptimas en el mosquito y varía en función de factores ambientales (Alemayehu 2023).



**Figura 1.** Ciclo biológico de los parásitos *Plasmodium*. Nota. Fuente: Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (2024).

Es importante destacar que, si bien es cierto el ciclo biológico de los parásitos del género *Plasmodium* es relativamente similar en cuanto a hospederos y tiempos de evolución, existen diferencias relevantes en el desarrollo

y patogenia de *P. vivax* y *P. falciparum* mediadas principalmente por la capacidad de desarrollo de formas hepáticas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Características diferenciales entre *P. vivax* y *P. falciparum*

Característica	<i>P. vivax</i>	<i>P. falciparum</i>
Hipnozoítos (formas latentes en hígado)	Sí. Puede permanecer en hígado y reactivarse meses/años después	No forma hipnozoítos
Tipo de glóbulo rojo infectado	Solo infecta reticulocitos (jóvenes)	Infecta eritrocitos de todas las edades
Duración del ciclo eritrocítico	48 horas (febrícula cada 2 días)	48 horas, pero puede ser más irregular
Gravedad de la enfermedad	Generalmente leve o moderada	Causa malaria grave o cerebral; alta mortalidad
Carga parasitaria	Baja a moderada	Muy alta (puede causar obstrucción capilar)
Reinfección vs. Recaída	Puede haber recaída sin picadura nueva	Los síntomas nuevos siempre requieren nueva picadura

Nota. Elaboración propia.

**Reservorios Silvestres de *Plasmodium*.** En la región neotropical se ha encontrado *Plasmodium* en numerosas especies de mono, de la familia Cebidae y Atelidae (Amaral et al. 2023). La tasa de infección es de cerca de 15% en los monos de los géneros *Alouatta* (mono aullador), *Ateles* (mono araña) y *Cebus* (mono capuchino o blanco). Se ha encontrado *P. simium* en infecciones naturales de *Alouatta fusca* (mono aullador pardo) en cerca de 30% de los individuos, y en *Braehyteles arachnoides* (mono araña lanuda) (Nunes et al. 2020). De los cuales se determinó que el principal reservorio para *P. vivax* y *P. falciparum* es el atélido del género *Alouatta* llamado comúnmente como mono aullador rojo; *Cebus* es considerado reservorio en menor medida y es poco significativo.

Los monos aulladores (*A. seniculus*) se han considerado buenas especies centinelas por su alto grado de plasticidad fenotípica y por su probable mayor tolerancia a ciertos tipos de presión antrópica para evaluar la dinámica y transmisión entre primates silvestres humanos y animales domésticos de algunas enfermedades, muchas veces actúan como portadores sanos asintomáticos de parásitos gastrointestinales, sin embargo, factores de estrés, como deforestación, urbanización y minería, disminuyen la capacidad de soportar cargas parasitarias elevadas y aparece la manifestación clínica, en muchos casos con alta mortalidad (Roncancio y Montaña 2013).

Rondón et al. (2019) informó acerca de la detección de *P. falciparum* en muestras fecales y *P. vivax* en muestras de sangre de mono aullador (*A. seniculus*) en fragmentos de bosque de Colombia, lo que indica que esta especie de primate ejerce como reservorio natural para *Plasmodium*. Esto es sumamente representativo para la epidemiología de la enfermedad teniendo en cuenta que esta especie de primate se distribuye por todas las regiones de Colombia (Henao 2020).

Werb et al. (2024) especifican que una de cuatro especies de *Plasmodium* se encuentran en murciélagos e igual que en la malaria humana, la transmisión puede deberse a mosquitos anofelinos que viven en estrecha relación con los murciélagos. No obstante, la malaria puede transmitirse a los murciélagos por vía congénita,

por moscas parásitas de dichos quirópteros pertenecientes a las familias Nycteribiidae y Streblidae. No obstante, se ignora si estos parásitos hematófagos tienen importancia en la epidemiología de la malaria humana o si otras clases de malaria de los animales pueden infectar al hombre (Poofery et al. 2023).

**Factores asociados a la seroprevalencia del género *Plasmodium*.** La actividad minera altera el paisaje natural, propiciando la creación de estanques y escombros que se convierten en criaderos ideales para los mosquitos vectores. La deforestación asociada con la minería incrementa la exposición humana a las picaduras de mosquitos, mientras que la migración de trabajadores hacia estas zonas aumenta la densidad de población y facilita la transmisión del parásito. Las condiciones de vida precarias en las zonas mineras, con acceso limitado a servicios de salud y saneamiento, también contribuyen al aumento de la prevalencia de la enfermedad. Además, el uso de pesticidas y otros químicos en la minería puede afectar tanto a la población de mosquitos como a la salud humana, exacerbando el riesgo de malaria (Amaral et al. 2024).

**Deforestación.** La relación entre la deforestación y la seroprevalencia de *Plasmodium* es una cuestión compleja que involucra múltiples factores ecológicos, epidemiológicos y sociales. La deforestación, al alterar significativamente el entorno natural, puede crear condiciones favorables para la proliferación de los mosquitos *Anopheles*, estos cambios en el hábitat incluyen la creación de áreas de aguas estancadas, resultado del derribo de árboles y la perturbación del suelo, que proporcionan sitios de cría ideales para los mosquitos (Naranjo et al. 2023). Además, la deforestación a menudo está acompañada por el desarrollo humano, como la construcción de carreteras y la expansión de asentamientos, lo cual aumenta el contacto entre los seres humanos y los mosquitos infectados. Esto, a su vez, eleva la exposición de las poblaciones humanas a las picaduras de mosquitos infectados, incrementando así la seroprevalencia de *Plasmodium* en las áreas deforestadas; por lo tanto, la modificación del paisaje no solo afecta a los



mosquitos, sino también a los patrones de movimiento y comportamiento humano, exacerbando la propagación de la malaria (Rerolle et al. 2021).

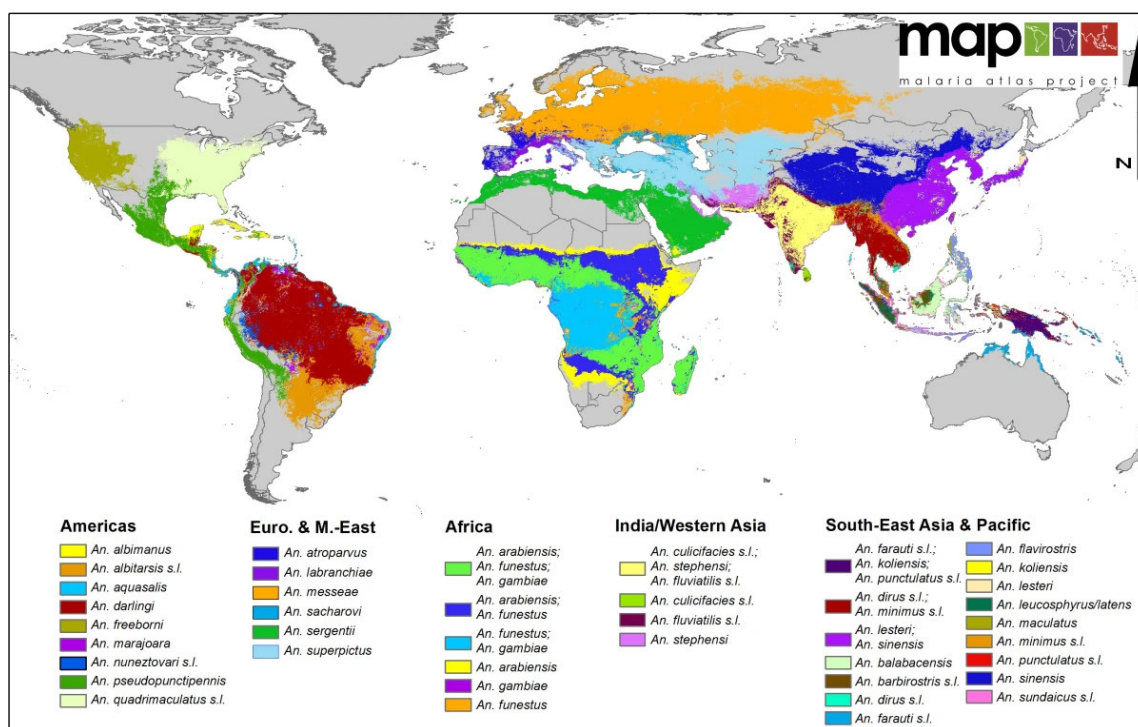
Estudios sobre la relación de la deforestación y malaria humana mostraron que un cambio de 4% en la cobertura del bosque se asocia a un aumento de 48% en la incidencia de malaria, posiblemente debido a que la tala de los bosques crea condiciones que favorecen la reproducción del principal portador de malaria en el Amazonas, el mosquito *A. darlingi*. Áreas con larvas de *A. darlingi* tuvieron 24,1% de cobertura vegetal, mientras que las áreas sin larvas del vector tenían 41% de cobertura. Adicionalmente se encontró que la tasa de picaduras de *A. darlingi* fue 278 veces mayor en áreas deforestadas (Hance 2010).

**Disminución de las brechas de barreras agropecuarias.** En términos ambientales, la expansión de las actividades agrícolas conduce a la pérdida de biodiversidad. La destrucción de hábitats naturales reduce las áreas disponibles para la fauna silvestre, afectando su supervivencia y disminuyendo la riqueza de especies. La fragmentación del hábitat limita el movimiento de las especies, creando poblaciones aisladas y vulnerables. Además, la agricultura altera los ecosistemas locales, introduciendo especies invasoras, plagas y enfermedades que pueden desestabilizar el equilibrio ecológico. Desde el punto de vista sanitario, el contacto cercano con la fauna silvestre aumenta el riesgo de zoonosis, enfermedades que pueden transmitirse de animales a humanos. La interacción entre fauna silvestre y el ser humano genera una perturbación de los hábitats naturales llevando a la aparición de nuevas enfermedades infecciosas, ya que los

patógenos buscan nuevos hospedadores, presentando una amenaza considerable para la salud pública (Ellwanger et al. 2020, Santos et al. 2021).

La eliminación de hábitats naturales puede desestabilizar las cadenas alimentarias, ya que los depredadores pierden sus presas naturales y las presas, a su vez, pueden proliferar sin control, causando un desequilibrio en el ecosistema. Este desbalance puede llevar a la sobrepoblación de ciertas especies y a la disminución drástica de otras, afectando la biodiversidad de la región. Además del riesgo de zoonosis, existe la transmisión de enfermedades vectoriales, los cambios en el uso del suelo y la creación de áreas agrícolas pueden alterar el hábitat de vectores de enfermedades como mosquitos y garrapatas competentes en la transmisión de enfermedades (Padilla et al. 2023).

**Vector de la malaria.** Los mosquitos del género *Anopheles* representan gran importancia médica debido a su capacidad de transmitir enfermedades graves, especialmente la malaria. En Colombia, debido a su diversidad biológica, se han registrado un total de 43 especies de *Anopheles*. Entre ellas, varias han sido identificadas como posibles vectores del parásito *Plasmodium*, causante de la malaria en humanos. Estos mosquitos tienen un papel crucial en la transmisión de la enfermedad y su estudio es fundamental para comprender la dinámica de la malaria en el país y desarrollar estrategias efectivas de control y prevención (Rodríguez 2023). A continuación, en la Figura 2 se presentan las especies de *Anopheles* distribuidas con mayor frecuencia en Colombia, y el mundo.



**Figura 2.** Distribución geográfica de vectores (*Anopheles*) de malaria en el mundo. Nota. Tomado de Sinka et al. (2012).

Para Colombia, se han identificado varias especies de *Anopheles* que son vectores potenciales de la malaria. A partir de aislamientos naturales de parásitos del género *Plasmodium* y de evidencia epidemiológica, se han

reconocido tres especies como los principales vectores de la enfermedad en el país: *A. albimanus*, *A. darlingi* y *A. nuneztovari* (Piedrahita et al. 2022, Piedrahita y Correa 2024, Naranjo y Correa 2025).

Además de estos vectores principales, se han identificado otras cuatro especies de *Anopheles* como vectores secundarios de la malaria en el país. Estas especies son: *A. punctimacula*, *A. pseudopunctipennis*, *A. neivai* y *A. lepidotus*. Aunque su contribución a la transmisión de la enfermedad puede ser menor en comparación con los vectores principales, su presencia y distribución en ciertas áreas también deben ser consideradas en los esfuerzos de control y prevención de la malaria (Zuleta et al. 2022).

**Ciclo biológico de *Anopheles*.** El ciclo de vida del mosquito del género *Anopheles* comprende cuatro etapas distintas las cuales son huevo, larva, pupa y adulto. Las hembras depositan sus huevos en aguas estancadas. Los huevos eclosionan en larvas acuáticas que se alimentan de partículas orgánicas en el agua. A diferencia de otras especies de mosquitos, las larvas de *Anopheles* carecen de sifón respiratorio. Tras su desarrollo larval, las larvas se transforman en pupas, que no se alimentan y respiran a través de tubos respiratorios en la superficie del agua. Después de unos días, las pupas emergen como mosquitos adultos. Las hembras, para la producción de huevos, se alimentan de sangre, pudiendo transmitir enfermedades como la malaria al picar a humanos infectados y luego a humanos no infectados. Este ciclo completo, puede durar de 7 a 14 días (Andrianinarivomanana et al. 2024, Quinatoa et al. 2025).

**Factores ambientales que contribuyen a la propagación de *Anopheles*.** Las características del espacio o del paisaje influyen en el desarrollo y reproducción de los vectores como la situación ambiental o factores climáticos, que conllevan a cambios en el clima y pueden repercutir en la distribución y abundancia de las especies, estos son; altas temperaturas, fuertes precipitaciones, humedad y el incremento de radiaciones solares los cuales son factores apropiados para la proliferación de vectores palúdicos, teniendo en cuenta que la humedad influye en la supervivencia del mosquito, específicamente el 60% en una fase térmica entre 20 °C y 30 °C, el calentamiento global y la transformación del medio ambiente son imprescindibles en la incidencia de distribución de la malaria, por lo tanto los factores climáticos como la precipitación, temperatura y humedad inciden en la transmisión de los *Anopheles* (Rodríguez 2023).

Entre los principales factores sociales que inciden en la proliferación del paludismo que promueven la transmisión del mismo se encontraron las siguientes: La falta de información sobre el vector, el poco interés por parte de los habitantes; el incumplimiento de las medidas de protección y prevención, inadecuada disposición de los desechos, carencia de las medidas higiénico sanitarias en la disposición de aguas y fuentes de reservorio, poca disposición de los moradores de trabajar en conjunto con la comunidad en la realización de mingas; factores que conllevan a aumentar el riesgo de enfermedades transmitidas por el mosquito del paludismo (Mosquera 2019).

Las condiciones atmosféricas como calor, alta humedad, electricidad y la falta de ventilación, segunda a nivel terrestre; descomposición de los animales y vegetales, la ausencia de limpieza en pantanos, sumideros y la deforestación son las causas que favorecen la presencia del mosquito, el ambiente óptimo para los mosquitos

*Anopheles* se encuentra en pisos térmicos de bajas alturas menores a 1.500 m.s.n.m y humedad relativa alta lo que convierte a estas zonas endémicas donde se presentan actividades mineras, su reproducción consiste en depositar sus huevos en el agua; la eclosión de los mismos deja salir las larvas, que pasan por varias mudas antes de emerger como pupas y convertirse en mosquitos adultos (Contreras y Castillo 2022).

**Temperatura.** Según Gutiérrez et al. (2014) la temperatura interviene en la maduración de huevos y la densidad larval del vector ya que las cifras de la densidad larvaria se mostraron más altas con el promedio de la temperatura ambiente la cual ronda entre 20 °C, salvo excepciones, cuando las temperaturas estaban por encima de 25 °C. En estudios realizados por otros autores, como el de Valdés y Marquetti (2010) que estudiaron el estado larval de *Anopheles*, encontraron que temperaturas entre 15,4 °C y 25,1 °C, con promedio de 22,1 °C, aumentaron la densidad larval, estimulando la oviposición de las hembras en el criadero, lo que trae aparejado un aumento en las poblaciones de *Anopheles*.

El incremento de la temperatura externa modifica varios aspectos de la fisiología del mosquito como el periodo de incubación extrínseco el cual es el intervalo entre la inoculación del patógeno en el mosquito y el momento en que el vector se hace contagioso, este periodo disminuye cuando la temperatura aumenta hasta llegar a un máximo, por encima del cual el periodo de incubación aumenta de nuevo. También influye en el incremento del metabolismo ya que el tiempo transcurrido entre el cambio de huevo a larva y de larva a mosquito adulto depende del metabolismo del vector. A mayor actividad metabólica, menor es dicho periodo, aumentando la prevalencia del vector y la capacidad vectorial. Pero no todo es positivo para los mosquitos, ya que al haber un rápido desarrollo larvario pueden desarrollarse mosquitos adultos muy pequeños, con menor fecundidad y con menor supervivencia y finalmente aumenta la tasa de picadura ya que al ser adultos más pequeños tienen menos capacidad de reserva para la sangre ingerida, por lo que pican con mayor frecuencia (Marquez 2021).

A partir de lo mencionado por Molineros et al. (2014) se puede inferir que las condiciones climáticas tienen un profundo efecto sobre la vida del mosquito y el desarrollo de los parásitos de malaria, por debajo de 16 °C los parásitos de la malaria cesan su desarrollo en el mosquito. El desarrollo del plasmodio en el mosquito se da en rango de temperatura entre 20 y 30 °C, y humedad relativa mayor que 60%. La elevada temperatura prolonga la vida del mosquito para transmitir la enfermedad a varias personas. Esta enfermedad es sensible a los cambios climáticos globales como lo es el fenómeno del Niño, con la aparición de aguas superficiales más cálidas de lo normal desde los sectores del Océano Pacífico Central y Oriental, hasta las costas del norte de Perú, Ecuador y el sur de Colombia, con duración de 12 meses, lo cual ocasiona un aumento en la temperatura superficial del mar que a su vez generan mayores precipitaciones en esta zona litoral.

De acuerdo con Marquez (2021), debido al cambio climático los veranos serán más calurosos mientras que los inviernos serán más suaves. Las temperaturas mínimas se elevarán y disminuirán las heladas, permitiendo la

supervivencia de los mosquitos durante más meses al año. La duración total del ciclo en óptimas condiciones varía según la especie, pero se tarda en completarse entre una y tres semanas. El ciclo biológico se acelera con la temperatura, por lo cual el cambio climático fomenta una mayor velocidad de proliferación de mosquitos.

**Precipitación.** La variación en la precipitación tiene un impacto significativo en el ciclo de vida de los mosquitos *Anopheles*. Las evidencias demuestran que la abundancia larvaria disminuye durante temporadas de lluvias intensas, probablemente debido al arrastre de huevos y larvas, mientras que en los inicios de la estación seca se observa un aumento de larvas y adultos de especies como *A. gambiae* s.l. y *A. arabiensis* (Tsegaye et al. 2023). A su vez, la densidad poblacional de *A. arabiensis* se correlaciona positivamente con la precipitación; lluvias moderadas crean criaderos favorables, aunque lluvias intensas pueden destruirlos, afectando así la distribución estacional de la especie, por tal razón, la precipitación opera de manera dual -facilitando el desarrollo larvario con lluvias moderadas y limitándolo cuando es excesiva-, modulando la disponibilidad y estabilidad de hábitats acuáticos críticos y, por ende, el éxito reproductivo y la abundancia adulta de *Anopheles* (Mazarire et al. 2024).

## EPIDEMIOLOGÍA DE LA MALARIA EN COLOMBIA

En Colombia, la malaria continúa siendo un problema prioritario en salud pública, debido a que cerca del 66% de los municipios del territorio nacional se encuentran ubicados en alturas iguales o inferiores a los 1.600 m.s.n.m.

(740 municipios), estos presentan condiciones climáticas, geográficas y epidemiológicas que facilitan la transmisión de la enfermedad, además de condiciones asociadas a la alta migración de la población colombiana y extranjera (principalmente asociada al tránsito temporal de migrantes que se dirigen hacia otros países, en particular provenientes del continente africano y en gran medida desde Venezuela (o desde zonas endémicas). En el territorio nacional la tasa de incidencia de malaria ha sido fluctuante en los últimos 60 años, con un comportamiento con promedios anuales de 80.000 a 120.000 casos (Aguirre 2023).

Durante el año 2020 se notificaron 81.363 casos de malaria, 98,6% fueron casos de malaria no complicada, y el 1,4% clasificado como malaria complicada. Prevalció la infección por *P. vivax* con el 49,7% de la notificación (40.417 casos), seguido de la infección por *P. falciparum* con el 49,5% (40.253 casos) y, por último, la infección mixta con el 0,9% (693 casos). La malaria grave o complicada puede presentarse en casos de infección por *P. falciparum* y *P. vivax*. Afecta principalmente al hombre en edad productiva y a los jóvenes. En los últimos 20 años las muertes por malaria han mostrado un importante descenso, pasando de más de 100 muertes anuales a finales del siglo XX, a menos de 25 muertes anuales en los últimos 5 años (Instituto Nacional de Salud 2022).

Según el Ministerio de Salud y Protección Social (2022), los principales focos de transmisión de malaria en el país se encuentran situados en la Región Pacífica (Departamentos del Chocó, Cauca, Nariño y el distrito de Buenaventura) 50 al 60%, seguida por la región Urabá – Bajo Cauca – Alto Sinú (Antioquia y Córdoba) 20 al 30%, Amazonia 5 al 10%, Orinoquia – Centro Oriente y Atlántica 5% (Tabla 2).

**Tabla 2.** Casos de malaria y determinantes relacionados con la actividad minera en Colombia.

Departamento	Municipios mineros más afectados	Casos reportados / años clave	Factores asociados a la malaria	Observaciones relevantes
Chocó	Alto Baudó, Atrato, Cértegui, Condoto, Istmina, Medio Baudó, Nóvita, Quibdó, Sipí, Tadó, Unión Panamericana	25.712 casos (2016–2017, 98% del total nacional)	Minería aurífera (legal e ilegal), desplazamiento forzado, condiciones ecológicas favorables	Alta incidencia histórica. Poblaciones indígenas y mulatas, trabajadores no calificados.
Amazonas	La Pedrera, Tarapacá, Puerto Nariño, Leticia	5.091 (La Pedrera), 2.985 (Tarapacá), 2.718 (P. Nariño), 2.133 (Leticia) – (2014–2018)	Ecología amazónica favorable, <i>Anopheles darlingi</i> , ciclos hidrológicos	Transmisión endémica, zonas ribereñas propicias para criaderos.
Antioquia (Bajo Cauca)	El Bagre	~2.300 casos mineros (2011) (30% de 7.705 casos)	Minería informal e ilegal, charcos formados por retroexcavadoras	Pequeña minería asociada a criaderos de mosquitos.
Cauca	Timbiquí (195), Guapi (136)	352 casos en zona pacífica (2016–2019)	Minería ilegal, cultivos ilícitos, migración rural	La mayoría de casos en población afrodescendiente joven.
Nariño	Barbacoas, El Charco, F. Pizarro, La Tola, Magüí Payán, Mosquera, O. Herrera, R. Payán, S. Bárbara, Tumaco	No se especifica total exacto	Minería de oro a cielo abierto, deforestación, conflicto armado	Transmisión costera, infraestructura sanitaria deficiente.

Nota. Elaboración propia.



**Chocó.** En Colombia en años recientes se ha presentado un aumento en el número de casos de malaria, en 2015 más de la mitad de los casos de malaria en el país ocurrieron en el departamento del Chocó y fue el departamento con la mayor tasa de mortalidad por malaria, con el fin de evaluar la relación entre la minería y la malaria se llevó a cabo un estudio donde se analizó la asociación entre la producción de oro en los municipios del Chocó y la incidencia de malaria entre 2007 a 2014. En el análisis se encontró que, a mayor cuartil de producción de oro los municipios tienen mayor riesgo de presentar casos de malaria. Alto Baudó, Atrato, El Cantón del San Pablo, Cértegui, Condoto, Istmina, Medio Baudó, Nóvita, Quibdó, Sipí, Tadó y Unión Panamericana fueron los municipios más afectados por malaria asociada a la alta producción de oro (Choconta y Diaz 2016).

En el estudio realizado en 2016 y 2017 sobre la malaria en Colombia, se reportaron 26.017 casos de los cuales 25.712 pertenecen al departamento del Chocó siendo el 98% del total de casos reportados, de estos reportes se obtuvo que la ocupación con más casos fueron los trabajadores no calificados con el 85% correspondientes a poblaciones indígenas y mulatos, el otro 4,6% pertenece a trabajadores y operarios del sector minero, mientras que el 9,1% son agricultores, trabajadores y obreros agropecuarios, forestales y pesqueros, el comportamiento endémico de la malaria para Chocó se debe a múltiples factores entre los cuales se incluyen: ecológicos y geográficos que favorecen la presencia de especies vectores del género *Anopheles*; factores socioeconómicos como la explotación minera ilegal y el desplazamiento forzado por la violencia (Laborde et al. 2020).

**Amazonía colombiana.** La Amazonía colombiana es una región ampliamente biodiversa (Ganem et al. 2020) y cuenta con características que facilitan la multiplicación de vectores de malaria. Según Alvarado (2019), los municipios del departamento del Amazonas que más casos ha reportado en el último quinquenio (2014-2018) son: La Pedrera (5.091 casos); Tarapacá (2.985 casos); Puerto Nariño (2.718 casos); y Leticia (2.133 casos). Para el año 2015, los municipios de mayor notificación fueron Leticia (1.477 casos) y Puerto Nariño (1.463 casos), seguidos de Tarapacá (831 casos) y La Pedrera (316 casos).

Sumado a lo anterior, históricamente esta región presenta transmisión endémica de malaria, donde, específicamente, el mosquito *A. darlingi* ha sido asociado con la dinámica de transmisión debido a que el medio ambiente amazónico contribuye a que este vector sea eficiente en la transmisión de la enfermedad, ya que la presencia de un mosaico de formaciones vegetales se encuentra estrechamente asociado a los ciclos hidrológicos de los niveles del río y de las temporadas de lluvia; durante la estación lluviosa, amplias áreas a lo largo de los ríos principales y sus afluentes se inundan, conformando ambientes hídricos estacionales (lagunas, remansos, quebradas, pantanos, etc.), formando así una biota propia que favorece los criaderos de mosquitos (Alvarado 2019).

**Bajo Cauca antioqueño.** En Colombia, el Bajo Cauca antioqueño ha sido una de las regiones más afectadas por la malaria. En esta región se encuentra el municipio de El

Bagre en una zona de bosque húmedo tropical y con una temperatura media anual de 26,8 °C. Estas características son propicias para la transmisión de la enfermedad, y ello se ve reflejado en las altas incidencias que reporta el municipio. Los registros oficiales de la OPS sobre malaria entre enero y diciembre del 2011 muestran que cerca del 30% de los 7.705 casos registrados correspondían a población dedicada a actividades relacionadas con la minería. Según los entrevistados en el estudio, los mineros más afectados son aquellos dedicados a la pequeña minería, a la minería informal y a la ilegal debido a que durante la explotación minera, las retroexcavadoras hacen socavones, dejan huecos en los caminos y forman charcos cubiertos por vegetación y materia orgánica que se llenan de agua y se convierten en criaderos de mosquitos (Salas et al. 2014).

**Cauca.** En el departamento del Cauca, los principales determinantes que favorecen la transmisión del paludismo son la minería ilegal, la explotación maderera, los cultivos ilícitos y la permanente migración de residentes de zonas con focos activos hacia centros poblados, entre enero de 2016 y diciembre de 2019 se encontraron 89 casos complicados y se seleccionaron 356 controles. De los cuales 281 fueron hombres (63,1%), la edad media fue 28,34 años, siendo el 42,7% edades de 19-35 años, 397 se originaron en el departamento del Cauca, 227 vivían en área rural dispersa (51%), 333 eran de etnia negra (74,8%), de los casos de paludismo ocurridos en el departamento del Cauca, 352 fueron en la región occidente, correspondiente a la zona pacífica, mientras que los municipios más afectados fueron Timbiquí con 195 y Guapi con 136, los demás casos reportados fueron originados en otros departamentos del país (Obando et al. 2021).

**Nariño.** La transmisión de la malaria en Nariño se focaliza en los municipios costeros del departamento, que son, Barbacoas, El Charco, Francisco Pizarro, La Tola, Magüi Payan, Mosquera, Olaya Herrera, Roberto Payán, Santa Bárbara y Tumaco. Entre los principales factores que favorecen la transmisión se encuentran los desplazamientos de población susceptible o portadora hacia áreas endémicas por el conflicto armado y la transición hacia áreas con cultivos ilícitos, el subdesarrollo de la infraestructura en salud, la misma relación se ha encontrado con las precarias condiciones de trabajo en zonas de minería de oro a cielo abierto y de extracción de recursos forestales (Galindo y Barbosa 2022).

## ASOCIACIÓN DE ACTIVIDADES MINERAS CON PREVALENCIA DE MALARIA EN COLOMBIA.

Aunque Colombia es un país con un potencial para la inversión en la exploración minera, solo el 3,17% del territorio se dedica a la minería, principalmente de materiales de construcción, metales preciosos y carbón. Los departamentos que adquirieron el título minero de la Agencia Nacional de Minería para el 2018 fueron Antioquia, Cundinamarca, Santander, Norte de Santander y Boyacá fueron los departamentos con mayor número de títulos, a diferencia de Amazonas, Guainía, Guaviare, Vaupés, Vichada y el Archipiélago de San Andrés y Providencia, que tuvieron entre 0 y 2 títulos mineros.



Aunque una buena parte del país tiene títulos adjudicados, la otra parte es susceptible de explotación ilegal e informal (Fuentes et al. 2021).

La minería fue establecida en el Plan Nacional de Desarrollo propuesto para los años 2010-2014 como uno de los motores de la economía nacional de Colombia, debido al acelerado crecimiento de este sector en los últimos 20 años. Latorre (2017) informa que, en consecuencia, Colombia ha alcanzado un desarrollo económico cada vez más basado en la producción minera. Sin embargo, esta situación también ha dejado abierta la posibilidad para que organizaciones ilegales realicen actividades extractivas sin permiso del Estado.

Esta es llamada la minería ilegal el cual es un fenómeno que ha impactado en la economía nacional ya que supone una evasión de los impuestos y regalías que cualquier tipo de extracción debe pagar al Estado por los recursos del subsuelo, que pertenecen a la nación. Además, esta evita directamente los controles de las instituciones ante la extracción, poniendo en riesgo al medio ambiente y a la población por causa de los malos manejos técnicos de los químicos empleados en el proceso (Latorre 2017).

Según Salas et al. (2021), entre el 2012 y el 2018, se notificaron 44.032 casos de malaria en la población minera, 43.900 de malaria no complicada y 132 de malaria complicada, así como tres muertes, dos por *P. vivax* y una por infección mixta; estos datos de prevalencia presentan relación directa con la actividad minera debido a que el autor asegura que esta población afectada presentaba condiciones de vida en el área rural, baja escolaridad, ausencia de afiliación a la seguridad social, proximidad de viviendas a zonas mineras y migración de los trabajadores, adicionalmente en el mismo estudio se refieren a que algunos factores ambientales como el clima y la intensidad de precipitación, estos fueron un común denominador en toda la población afectada por la malaria.

## DISCUSIÓN

La malaria es una enfermedad que sigue siendo un desafío de salud pública en Colombia, especialmente en las zonas de confluencia minera. La infección, transmitida por mosquitos del género *Anopheles*, afecta predominantemente a las regiones tropicales y subtropicales, con altas tasas de incidencia en América Latina. En Colombia, la malaria persiste como un problema prioritario, con fluctuaciones en la incidencia a lo largo de las últimas décadas, pero con una prevalencia considerable, especialmente en municipios ubicados en altitudes inferiores a los 1.600 m.s.n.m.

La epidemiología de la malaria en Colombia refleja una situación compleja. Si bien se ha observado un descenso en las muertes por malaria en las últimas dos décadas, el número de casos sigue siendo significativo, con una notificación de 96.156 casos en 2023. La distribución de la enfermedad varía según las regiones, siendo la Región Pacífica, Urabá, la Amazonia y la Costa Pacífica Nariñense algunas de las áreas más afectadas (Ministerio de Salud y Protección Social 2022).

La propagación del mosquito perteneciente al género *Anopheles*, vector de la malaria, en la región Pacífica y Amazónica de Colombia, se ve favorecida por factores

ambientales como el clima tropical con altas temperaturas y humedad constante, y la abundante precipitación que genera numerosos cuerpos de agua estancada, ideales para la reproducción del mosquito. La densa vegetación y los extensos bosques proporcionan refugio y un microclima adecuado para su supervivencia. Además, las actividades humanas, como la deforestación, la minería, la construcción de infraestructuras alteran los ecosistemas y crean nuevos criaderos para los mosquitos. La movilidad de la población y el limitado acceso a servicios de salud y medidas preventivas en estas áreas también contribuyen a la propagación de la malaria. Sumado a esto, los eventos provocados por el cambio climático aumentan el riesgo de propagación de la malaria.

El cambio climático está teniendo un impacto significativo en la propagación de la malaria. A medida que las temperaturas globales aumentan, las áreas que anteriormente no eran adecuadas para la reproducción de estos mosquitos ahora pueden volverse habitables. Las temperaturas más cálidas pueden acelerar el ciclo de vida del mosquito y el desarrollo del parásito *Plasmodium*, aumentando la capacidad de transmisión de la malaria.

Además, los cambios en los patrones de precipitación, con lluvias más intensas y frecuentes en algunas regiones, crean más cuerpos de agua estancada, que son los criaderos ideales para los mosquitos. En la Región Pacífica y Amazonia colombiana, estas condiciones pueden ampliar las zonas de riesgo de malaria, afectando a poblaciones que antes no estaban expuestas a la enfermedad.

El cambio climático también puede provocar eventos climáticos extremos, como inundaciones, que pueden destruir infraestructuras de salud y dificultar el acceso a tratamientos y medidas preventivas, exacerbando aún más la propagación de la malaria. Por lo tanto, el cambio climático está desempeñando un papel crucial en la expansión geográfica y temporal de la malaria, destacando la necesidad de adaptar las estrategias de control de enfermedades a las nuevas condiciones ambientales.

La propagación del parásito del género *Plasmodium* tanto *P. falciparum* como *P. vivax* los cuales son los principales causantes de malaria en Colombia, está influenciada principalmente por condiciones ecológicas asociadas a las altas precipitaciones y temperaturas, las condiciones de su propagación son las mismas que para el vector del género *Anopheles* debido a que el parásito necesita del vector para iniciar su ciclo biológico.

La movilidad humana y la urbanización también juegan un papel crucial en la propagación de la malaria. La migración de personas infectadas puede llevar el parásito a nuevas áreas, mientras que las condiciones de vida en asentamientos informales pueden facilitar la transmisión. La falta de acceso a servicios de salud y a medidas preventivas en muchas comunidades rurales y periurbanas agrava la situación, ya que dificulta el diagnóstico temprano y el tratamiento efectivo de la malaria.

Por otra parte, la asociación entre la actividad minera y la malaria es evidente. En regiones como el Chocó, el aumento en la producción de oro se correlaciona directamente con un mayor riesgo de malaria. Los municipios con una alta producción de oro exhiben tasas de malaria significativamente más altas, lo que sugiere

una relación entre la actividad minera y la proliferación de la enfermedad (Choconta y Diaz 2016). Esta asociación se refleja también en otras regiones, como el Bajo Cauca Antioqueño, donde la explotación minera informal e ilegal crea condiciones propicias para la reproducción de mosquitos vectores (Salas et al. 2014).

La minería ilegal, en particular, ha exacerbado el problema al eludir los controles estatales y contribuir a la degradación ambiental. Esta actividad no solo evade impuestos y regalías, sino que también contamina el medio ambiente, creando condiciones favorables para la transmisión de la malaria. Los trabajadores mineros, especialmente aquellos dedicados a la pequeña minería y la minería informal, se encuentran entre los más afectados, debido a las precarias condiciones de vida y la exposición directa a los criaderos de mosquitos generados por la actividad minera.

A pesar de los esfuerzos por controlar la malaria, la complejidad de su epidemiología en las zonas mineras requiere de enfoques integrales que aborden tanto los aspectos sanitarios como los socioeconómicos y ambientales. La colaboración entre el sector de la salud, las autoridades gubernamentales y las comunidades locales es esencial para implementar estrategias efectivas de prevención, control y tratamiento de la malaria en estas regiones. Para controlar esta enfermedad, es esencial implementar estrategias de gestión ambiental, mejorar las infraestructuras de salud y desarrollar programas de educación y prevención.

Con relación al comportamiento epidemiológico de la malaria, se pudo observar mediante el boletín informativo proporcionado por el Sistema de Vigilancia en Salud Pública (2024) hasta mes de abril que se han presentado 30.896 casos de los cuales 557 son de malaria complicada (Instituto Nacional de Salud 2024b). Al evaluar el comportamiento epidemiológico de la malaria en las zonas mineras del país, se examinó la distribución de casos, las características demográficas de la población afectada y la prevalencia de las diferentes especies de *Plasmodium*.

De los 30.896 casos reportados, 1.321 (4,3%) se presentaron en mineros, lo que resalta la relevancia de este grupo ocupacional en la epidemiología de la malaria en Colombia. Las condiciones de trabajo y de vida en las zonas mineras, a menudo caracterizadas por la presencia de cuerpos de agua estancada y falta de infraestructuras sanitarias adecuadas, crean un ambiente propicio para la proliferación de mosquitos vectores de la malaria, especialmente en áreas rurales y selváticas.

Las áreas de minería en Colombia suelen estar ubicadas en regiones con alta biodiversidad y densidad de vectores de malaria. Los departamentos de Chocó, Antioquia, y Nariño, conocidos por sus actividades mineras, también muestran una alta incidencia de casos de malaria. Por ejemplo, en el Chocó se reportaron 6.850 casos de *P. falciparum*, con Quibdó, un municipio con intensa actividad minera, registrando 1.482 casos.

El análisis demográfico revela que la malaria afecta de manera desproporcionada a los hombres, que representan el 56,5% de los casos. Entre estos, los mineros son un grupo particularmente vulnerable. Las condiciones laborales en las minas, incluyendo largas horas de trabajo y

exposición continua a los mosquitos, aumentan el riesgo de transmisión de la malaria.

Además, los mineros frecuentemente trabajan en áreas remotas con acceso limitado a servicios de salud, lo que puede retrasar el diagnóstico y tratamiento de la malaria, incrementando el riesgo de complicaciones graves. Este grupo también suele tener una mayor movilidad geográfica, lo que facilita la dispersión de la malaria entre diferentes regiones mineras y comunidades vecinas.

La distribución geográfica de los casos de malaria muestra una alta incidencia en departamentos con importantes actividades mineras. Por ejemplo, en el departamento de Antioquia, se reportaron 1.608 casos de *P. vivax* y 275 casos de *P. falciparum*. En Córdoba, otro departamento con significativas operaciones mineras, se registraron 3.127 casos de *P. vivax* y 360 casos de *P. falciparum*.

En cuanto a las especies de *Plasmodium*, *P. vivax* predomina en varios departamentos mineros. Esta especie, aunque generalmente menos letal que *P. falciparum*, puede causar recaídas y complicaciones crónicas que afectan significativamente la salud y la productividad de los trabajadores mineros. En departamentos como Guainía y Vaupés, la prevalencia de *P. vivax* es notable, con 709 y 1.001 casos reportados, respectivamente.

A su vez, es importante destacar el rol del vector *Anopheles* en la transmisión de *Plasmodium*, de esta manera, las investigaciones han reportado que el vector se ve favorecido por la combinación única de factores ambientales presentes en zonas mineras de Colombia ya que contribuyen significativamente a la perpetuación y mantenimiento de la malaria. La temperatura, la humedad y la precipitación en estas áreas crean un entorno propicio para la proliferación del vector de la malaria, el mosquito *Anopheles*, lo que hace que estas regiones sean cruciales en la epidemiología de la enfermedad en el país.

La temperatura en las zonas mineras de Colombia suele estar dentro del rango óptimo para la maduración de los huevos y el desarrollo larval del mosquito *Anopheles*. Con temperaturas que oscilan entre 15,4 °C y 25,1 °C, se favorece la oviposición de las hembras y se incrementa la densidad larval. Este rango de temperatura acelera el metabolismo de los mosquitos, reduciendo el tiempo de desarrollo desde el huevo hasta el mosquito adulto y aumentando la prevalencia del vector. En las zonas mineras, donde la temperatura promedio es cercana a estos valores, el ciclo de vida del mosquito se acelera, incrementando su capacidad para transmitir la malaria.

La alta humedad, característica de muchas zonas mineras, es otro factor determinante para la supervivencia y actividad de los mosquitos *Anopheles*. Los mosquitos adultos requieren una humedad relativa alta para evitar la desecación, lo que les permite vivir más tiempo y, por ende, aumentar las probabilidades de transmisión del parásito *Plasmodium*. La humedad también favorece la eclosión de huevos y el desarrollo larval en cuerpos de agua estancada, que son abundantes en áreas mineras debido a la presencia de pozos y charcas resultantes de la actividad minera. La vegetación densa en estos ambientes proporciona refugio para los mosquitos adultos, aumentando su longevidad y frecuencia de picaduras.

La precipitación en las zonas mineras es otro factor clave que facilita la propagación del mosquito *Anopheles*. Las lluvias crean y mantienen cuerpos de agua estancada, esenciales para el desarrollo de las larvas. En las zonas mineras, las precipitaciones suelen ser moderadas a abundantes, lo que asegura una constante disponibilidad de hábitats acuáticos para la reproducción del mosquito. Las precipitaciones también aumentan la humedad relativa del ambiente, creando condiciones ideales para la longevidad y actividad de los mosquitos adultos. Las lluvias inesperadas o fuera de temporada pueden causar picos temporales en la población de mosquitos, incrementando la incidencia de malaria.

El cambio climático, al alterar los patrones de temperatura, humedad y precipitación, exacerba estas condiciones favorables para el mosquito *Anopheles* en las zonas mineras. Veranos más calurosos e inviernos más suaves permiten la supervivencia de los mosquitos durante más meses al año, acelerando su ciclo biológico y aumentando su proliferación. Eventos como el fenómeno del Niño, que traen aguas superficiales más cálidas y mayores precipitaciones, generan condiciones aún más propicias para la transmisión de la malaria.

De igual manera, se reconoce que las actividades antrópicas son las principales responsables de los cambios ecológicos asociados a la seroprevalencia del *Plasmodium* en zonas mineras de Colombia, puesto que en este tipo de zonas se lleva a cabo deforestación la cual es un factor crítico que contribuye significativamente a la seroprevalencia de *Plasmodium*. La eliminación de la cobertura forestal altera el ecosistema de manera que favorece la proliferación de los mosquitos *Anopheles*, los principales vectores del *Plasmodium*, la tala de árboles y la perturbación del suelo crean áreas de aguas estancadas, condiciones ideales para la reproducción de estos mosquitos. Además, la deforestación suele ir acompañada del desarrollo humano, como la construcción de carreteras y la expansión de asentamientos, lo cual aumenta el contacto entre humanos y mosquitos infectados, elevando la exposición a picaduras y, en consecuencia, la seroprevalencia del parásito.

Igualmente, la deforestación y la cacería ilegal han reducido significativamente las poblaciones de depredadores naturales de primates como el jaguar (*Panthera onca*) y el águila harpía (*Harpia harpyja*). La disminución de estos depredadores permite un aumento desproporcionado en las poblaciones de monos, como el *A. seniculus* (mono aullador rojo), que pueden actuar como reservorios de *Plasmodium*. Este incremento poblacional de los monos puede llevar a una mayor transmisión de la malaria, ya que los mosquitos *Anopheles* pueden infectarse al picar a estos primates y luego transmitir el parásito a los humanos. La pérdida de depredadores desestabiliza el equilibrio ecológico, exacerbando la propagación de la malaria en estas áreas.

El cambio climático ha intensificado las condiciones ambientales que favorecen la propagación de la malaria, especialmente en regiones tropicales y subtropicales. El aumento de la temperatura media global ha ampliado las zonas de altitud y latitud donde el mosquito *Anopheles*, vector de la enfermedad, puede sobrevivir y reproducirse. En Colombia, por ejemplo, se han reportado casos de malaria en zonas donde anteriormente no existía transmisión

activa, como en algunas áreas de la región Andina. Estudios recientes del Instituto Nacional de Salud (2024a) muestran que entre 2018 y 2023 se ha observado un incremento del número de casos en departamentos como Chocó y Nariño, coincidiendo con años de precipitaciones anómalamente altas y olas de calor. Estas condiciones aceleran el ciclo de vida del mosquito y reducen el tiempo de incubación del *Plasmodium*, lo que incrementa la transmisión. A esto se suma la mayor frecuencia de eventos extremos, como inundaciones, que afectan el acceso a servicios de salud y generan entornos propicios para criaderos de mosquitos (Colonia et al. 2024).

De mantenerse las tendencias actuales de calentamiento global, se prevé que para 2050 la distribución geográfica de la malaria se expanda a zonas actualmente libres de la enfermedad, afectando a comunidades vulnerables sin inmunidad previa ni infraestructura de salud preparada. Modelos climáticos utilizados por la Organización Mundial de la Salud (2023) y otras entidades predicen un aumento en la duración de las temporadas de transmisión en regiones tropicales, así como el resurgimiento de la enfermedad en áreas donde ya había sido controlada. En Colombia, esto podría traducirse en una carga creciente para los sistemas de salud regionales, especialmente en territorios afectados por deforestación, minería informal y desplazamiento poblacional. Adaptar las estrategias de control de la malaria al contexto del cambio climático será clave, incorporando herramientas de predicción climática, vigilancia epidemiológica sensible al clima y enfoques integrados que aborden tanto factores ambientales como sociales. Sin estas medidas, el progreso logrado en las últimas décadas en la lucha contra la malaria podría revertirse, y millones de personas quedarían nuevamente expuestas a esta enfermedad prevenible y tratable.

## CONCLUSIONES

La malaria persiste como un problema grave en zonas mineras de Colombia, donde tanto la minería legal como ilegal crean condiciones propicias para la reproducción del mosquito *Anopheles*, vector de la enfermedad. Las alteraciones ambientales, como los pozos de agua estancada y la deforestación, junto con la llegada constante de trabajadores migrantes, intensifican la transmisión. La minería ilegal agrava aún más la situación al operar sin control ni medidas sanitarias, exponiendo a los trabajadores a condiciones precarias y sin acceso a salud.

Frente a este panorama, se requiere un enfoque integral que incluya una regulación más estricta de la actividad minera, restauración ambiental, mejoras en la infraestructura sanitaria y el acceso a salud, así como programas educativos y preventivos que ayuden a contener la propagación de la malaria en estas regiones vulnerables.

## ORCID

Joven Romo, D.J. ✉ [dubierjoven2020@itp.edu.co](mailto:dubierjoven2020@itp.edu.co),   
<https://orcid.org/0009-0007-8971-2387>

Melo Villota, D.F. ✉ [danielamelo2020@itp.edu.co](mailto:danielamelo2020@itp.edu.co),   
<https://orcid.org/0009-0009-1519-1237>



Vallejo Canchala, L.S. ✉ lsvallejo@itp.edu.co,  <https://orcid.org/0009-0001-9884-8653>

Obando Rojas, M. ✉ mobando@itp.edu.co,  <https://orcid.org/0000-0001-6273-9896>

Sanchez Rojas, I.C. ✉ ivan.sanchez@itp.edu.co,  <https://orcid.org/0000-0001-5959-6695>

## REFERENCIAS

1. Abdel MM, Abdelraheem MH, Acheampong DO, Ahouidi A, Ali M, Almagro-Garcia J, Amambua-Ngwa A, Amaratunga C, Amenga-Etego L, Andagalu B, Anderson T. Pf7: an open dataset of *Plasmodium falciparum* genome variation in 20,000 worldwide samples. *Wellcome Open Res.* 2023; 8: 22-26.
2. Aguirre D. Determinantes sociales de la salud en familias de menores de 10 años asociados a malaria confirmada, municipio de Pueblo Rico, departamento de Risaralda en 2021: Estudio de casos y controles. Tesis, Universidad de Caldas, Colombia. 2023. p. 87.
3. Alemayehu A. Biology and epidemiology of *Plasmodium falciparum* and *Plasmodium vivax* gametocyte carriage: Implication for malaria control and elimination. *Parasite Epidemiol Control.* 2023; 21: e00295.
4. Altamiranda M, Naranjo N, Conn JE, Correa MM. Entomological parameters and population structure at a microgeographic scale of the main Colombian malaria vectors *Anopheles albimanus* and *Anopheles nuneztovari*. *PloS One.* 2023; 18(1): e0280066.
5. Alvarado L. Infección de *Anopheles* spp. por *Plasmodium* spp. y su importancia en la transmisión de malaria en comunidades indígenas del amazonas colombiano. Tesis, Universidad del Rosario, Colombia. 2019. p. 95.
6. Amaral L, Salazar YEAR, de Alvarenga DAM, de Pina-Costa A, Nunes AJD, de Souza Junior JC, Gonçalves GH, Hirano ZM, Moreira SB, Pissinatti A, Daniel-Ribeiro CT. Detection of *Plasmodium simium* gametocytes in non-human primates from the Brazilian Atlantic Forest. *Malar J.* 2023; 22(1): 170-182.
7. Amaral P, Garcia KS, Suárez-Mutis MC, Coelho RR, Galardo AK, Murta F, Moresco GG, Siqueira AM, Gurgel-Gonçalves R. Malaria in areas under mining activity in the Amazon: A review. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2024; 57: e00200.
8. Andrianinarivomanana TM, Randrianaivo FT, Andriamiarimanana MR, Razafimamonjy MR, Velonirina HJS, Puchot N, Girod R, Bourgouin C. Colonization of *Anopheles coustani*, a neglected malaria vector in Madagascar. *Parasite Paris Fr.* 2024; 31: 31-52.
9. Bracho Á, Guerrero ML, Molina G, Rivero Z, Arteaga M. Prevalencia de malaria gestacional en Ecuador. *Biomédica.* 2022; 42(1):127-35.
10. Buery JC, de Alencar FEC, Duarte AMR de C, Loss AC, Vicente CR, Ferreira LM, Fux B, Medeiros MM, Cravo P, Arez AP, Cerutti Junior C. Atlantic Forest Malaria: A Review of More than 20 Years of Epidemiological Investigation. *Microorganisms.* 2021; 9(1): 132-140.
11. Carmona J, Cardona JA. Placental malaria caused by *Plasmodium vivax* or *P. falciparum* in Colombia: Histopathology and mediators in placental processes. *PloS One.* 2022; 17(1): e0263092.
12. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. CDC - DPDx - Malaria. 2024. Disponible en: <https://www.cdc.gov/dpdx/malaria/index.html>. Último acceso: 10 de junio de 2025.
13. Choconta L, Diaz D. Minería de oro y aumento de la malaria: ¿qué ocurre en Chocó?. 2016. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Guas%20Mediadoras%20de%20Conocimiento/Policy%20brief%20miner%C3%ADa%20y%20malaria%20en%20choc%C3%B3.pdf>. Último acceso: 10 de junio de 2025.
14. Colonia C, Vásquez B, Alexander N, de la Hoz Restrepo F. Malaria, relationship with climatic variables and deforestation in Colombia, Latin America and the Caribbean from 2000 to 2020: A systematic review. *Malaria Journal.* 2024; 23(1): 347-363.
15. Contreras L, Castillo D. Aproximación a la vigilancia epidemiológica del paludismo a través de la etnografía. *GICOS.* 2022; 7(2): 81-94.
16. Culleton R, Pain A, Snounou G. *Plasmodium malariae*: the persisting mysteries of a persistent parasite. *Trends Parasitol.* 2023; 39(2):113-25.
17. Dvorin JD, Goldberg DE. *Plasmodium* Egress Across the Parasite Life Cycle. *Annu Rev Microbiol.* 2022; 76: 67-90.
18. Ellwanger JH, Kulmann-Leal B, Kaminski VL, Valverde-Villegas JM, Veiga ABGD, Spilki FR, Fearnside PM, Caesar L, Giatti LL, Wallau GL, Almeida SE. Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health. *An Acad Bras Cienc.* 2020; 92(1): e20191375.
19. Fuentes HJ, Ferrucho Parra CC, Martínez González WA. La minería y su impacto en el desarrollo económico en Colombia. *Apunt Cenes.* 2021; 40(71): 189-216.
20. Galindo JI, Barbosa WGJ. Malaria en la costa pacífica colombiana: Historia de un olvido. *Gerenc Políticas Salud.* 2022; 21: 1-34.
21. Ganem N, Sánchez I, Zuluaga B, Valencia J. Picaje en espécimen adulto de guacamaya roja (*Ara macao*). *Rev Investig Vet Perú.* 2020; 31(2): 1-7.
22. Gutiérrez SG, Bastida JAP, Rodríguez RO, Barrios ML, Landa GG, Gonzales GH. *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae) su presencia en el área de salud Capitán Roberto Fleites 2009-2011. *Rev Electrónica Vet.* 2014; 15(8B): 1-9.
23. Hance J. Malaria increases 50 percent following deforestation in the Amazon. Mongabay Environmental News. 2010. Disponible en: <https://news.mongabay.com/2010/06/malaria-increases-50-percent-following-deforestation-in-the-amazon/>. Último acceso: 15 de junio de 2025.
24. Henao F. Atlas de la biodiversidad de Colombia: Primates. 1ra ed. Bogotá D.C (COL): Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; 2020. p. 51.

25. Hernández S, Chuprine K, Carrillo Chaves A. Actualización de malaria. *Rev Medica Sinerg*. 2020; 5(12): e616.
26. Instituto Nacional de Salud. Protocolo de Vigilancia de Malaria. 2022. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/SitePages/Evento.aspx?Event=13>. Último acceso: 10 de marzo 2025.
27. Instituto Nacional de Salud. Análisis BES - 2023 - Semana epidemiológica 49. 2023. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/publicaciones/Lists/AnalisisBES/DispForm.aspx?ID=7999>. Último acceso: 17 de junio de 2025.
28. Instituto Nacional de Salud. Boletín epidemiológico Semanal - Malaria - Semana epidemiológica 45. 2024a. Disponible en: [https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2024\\_BoletinEpidemiologico\\_semana\\_45.pdf](https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2024_BoletinEpidemiologico_semana_45.pdf). Último acceso: 17 de junio de 2025.
29. Instituto Nacional de Salud. Informe de evento malaria periodo epidemiológico III de 2024. 2024b. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informesdeevento/MALARIA%20PE%20III%202024.pdf>. Último acceso: 12 de junio de 2025.
30. Laborde C, Correa E, Cuadras L, Aramendiz K, Pareja P, Maestre-Serrano R. Caracterización epidemiológica de pacientes con malaria, notificados por un asegurador en salud en Colombia, 2016-2017. *Rev Cubana Med Trop*. 2020; 72(1): 1-10.
31. Latorre M. La minería ilegal en las regiones Andina y Pacífica de Colombia. *Perspect En Intel*. 2017; 9(18): 131-149.
32. Marquez F. Mosquitos y cambio climático, las enfermedades infecciosas que vienen. Tesis, Universidad de Cantabria, España. 2021. p. 55.
33. Mazarire TT, Lobb L, Newete SW, Munhenga G. The impact of climatic factors on temporal mosquito distribution and population dynamics in an area targeted for sterile insect technique pilot trials. *Int J Environ Res Public Health*. 2024; 21(5): 558-569.
34. Ministerio de Salud y Protección Social. Malaria en Colombia. 2022. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/PET/Paginas/malaria.aspx>. Último acceso: 15 de junio de 2025.
35. Mírel A. Desarrollo de vacunas frente a la malaria. Tesis, Universidad de Almería, España. 2020. p. 89.
36. Molineros LF, Calvache López O, Bolaños Ramírez H, Castillo Carol C, Torres Burbano C. Aplicaciones de un modelo integral para el estudio de la malaria urbana en San Andrés de Tumaco, Colombia. *Rev Cubana Med Trop*. 2014; 66(1): 3-19.
37. Mosquera K. Determinantes ambientales que influyen en el comportamiento del paludismo en el sector 15 de marzo de la ciudad de Esmeraldas. Tesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador. 2019. p. 112.
38. Naranjo N, C Hernández-Valencia J, F Gómez G, M Correa M. Spatial and Temporal Diversity Variation in the *Anopheles* Communities in Malaria-Endemic Regions of Colombia. *Am J Trop Med Hyg*. 2023; 108(4): 744-754.
39. Naranjo N, Correa MM. An updated checklist of *Anopheles* (Diptera, Culicidae) of Colombia with new records and distribution data. *ZooKeys*. 2025; 1231: 169-89.
40. Nodolf SB, Smith JA, Volle KA, Bernal-Valle S, Dolz G, Russell M. Health assessment of golden-mantled howler monkeys (*Alouatta palliata palliata*) in dry forest from the north pacific coast, Costa Rica. *J Zoo Wildl Med Off Publ Am Assoc Zoo Vet*. 2025; 56(1):33-43.
41. Nunes AJD, Alvarenga DAM de, de Souza Junior JC, Peruchi AR, Gonçalves GHP, Hirano ZMB, Brito CF, Cremer MJ. *Plasmodium* infection and its association with biochemical and haematological parameters in free-living *Alouatta guariba clamitans* (Cabrera, 1940) (Primates: Atelidae) in Southern Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2020; 114: e190210.
42. Obando CR, Quiñones JE, Mamian DE, Gómez Correa C, Merchán-Galvis Á. Factores predisponentes para paludismo complicado en el departamento del Cauca, Colombia. *Rev Cubana Med Trop*. 2021; 73(3): 1-12
43. Organización Panamericana de la Salud. Destino: Eliminación de la Malaria en Chocó, el epicentro de esta enfermedad por el *Plasmodium falciparum* en la Región de las Américas - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. 2021. Disponible en: <https://www.paho.org/es/historias/destino-eliminacion-malaria-choco-epicentro-esta-enfermedad-por-plasmodium-falciparum>. Último acceso: 17 de junio de 2025.
44. Organización Mundial de la Salud. World malaria report 2023. 2023. Disponible en: <https://www.who.int/es/teams/global-malaria-programme/reports/world-malaria-report-2023>. Último acceso: 17 de junio de 2025.
45. Padilla DG, Gong X, Perrings C. Modeling the role of land conversion on the spread of an epizootic disease. *J Theor Biol*. 2023; 557: 111324.
46. Pérez M. Producción de bácmidos recombinantes del ectodominio de la proteína del circumsporozoito (EcCSP) y de la región II de la proteína de Unión al Duffy (DBP-RII) de *Plasmodium vivax*. 2021. Disponible en: <https://repositorio.unicolmayor.edu.co/bitstream/handle/unicolmayor/5546/Producci%20de%20b%20c%20a%20lcmidos%20recombinantes%20del%20ectodominio%20de%20la%20prote%20c%20adna%20del%20circumsporozoito%20%28EcCSP%29%20y%20de%20la%20regi%20c%20b%20n%20il%20de%20la%20prote%20c%20adna%20de%20Uni%20c%20b%20n%20al%20Duffy%20%28DBP-RII%29%20de%20Plasmodium%20vivax.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Último acceso: 17 de junio de 2025.
47. Piedrahita S, Álvarez N, Naranjo-Díaz N, Bickersmith S, Conn JE, Correa MM. *Anopheles* blood meal sources and entomological indicators related to *Plasmodium* transmission in malaria endemic areas of Colombia. *Acta Trop*. 2022; 233: 106567.
48. Piedrahita S, Correa MM. Malaria Vectors and *Plasmodium* Transmission in Malaria-Endemic Localities of Colombia. *Trop Med Infect Dis*. 2024; 9(11): 260-271.
49. Poofery J, Ngamprasertwong T, Narapakdeesakul D, Arnuphappasert A, Nugraheni YR, Thanee S,

- Asada M, Kaneko O, Kaewthamasorn M. Complete mitochondrial genome analyses confirm that bat *Polychromophilus* and ungulate *Plasmodium* constitute a distinct clade independent of other *Plasmodium* species. *Sci Rep.* 2023; 13(1): 20258.
50. Quinatoa P, Bustillos JJ, Mora JP, Padilla NA, Morales Viteri D. *Anopheles* (Diptera: Culicidae) mosquito species in Ecuador: their role in malaria transmission. *J Med Entomol.* 2025; 62(3): 659-666.
  51. Ramos JE. Persistencia de las infecciones submicroscópicas afebriles por *Plasmodium spp.* y sus factores asociados en una zona endémica para malaria en Colombia. Tesis, Universidad de Antioquia, Colombia. 2020. p. 107.
  52. Rerolle F, Dantzer E, Lover AA, Marshall JM, Hongvanthong B, Sturrock HJ, Bennett A. Spatio-temporal associations between deforestation and malaria incidence in Lao PDR. *eLife.* 2021; 10: e56974.
  53. Rodríguez P. Distribución potencial actual y futura del vector de la malaria, el mosquito *Anopheles benarrochi* (Diptera: Culicidae), en la Amazonía Peruana. Tesis, Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. 2023. p. 78.
  54. Roncancio N, Montaña JAB. Parásitos intestinales en poblaciones pequeñas y aisladas de Mono aullador rojo (*Alouatta seniculus*) y Mono araña café (*Ateles hybridus*), Atelidae – Primates en el Magdalena Medio, Colombia. *Vet Zootecnia.* 2013; 7(1): 71-89.
  55. Rondón S, León C, Link A, González C. Prevalence of *Plasmodium* parasites in non-human primates and mosquitoes in areas with different degrees of fragmentation in Colombia. *Malar J.* 2019; 18(1): 276-284.
  56. Salas W, Ríos LA, López LF, Gómez RD. Análisis de sostenibilidad de la política de control de malaria del municipio de El Bagre, Colombia. *Rev Gerenc Políticas Salud.* 2014; 13(27): 128-46.
  57. Salas D, Sánchez DY, Achury G, Escobar F. Malaria en poblaciones con ocupación minera, Colombia, 2012-2018. *Biomédica.* 2021; 41(Supl. 1): 121-30.
  58. Santos CVBD, Sevá A da P, Werneck GL. Does deforestation drive visceral leishmaniasis transmission? A causal analysis. *Proc Biol Sci.* 2021; 288(1957): 20211537.
  59. Sinka ME, Bangs MJ, Manguin S, Rubio-Palis Y, Chareonviriyaphap T, Coetzee M, Mbogo CM, Hemingway J, Patil AP, Temperley WH, Gething PW. A global map of dominant malaria vectors. *Parasit Vectors.* 2012; 5(1): 69-75.
  60. Tsegaye A, Demissew A, Hawaria D, Abossie A, Getachew H, Habtamu K, Degefa T, Wang X, Lee MC, Zhou G, Yewhalaw D. *Anopheles* larval habitats seasonality and environmental factors affecting larval abundance and distribution in Arjo-Didessa sugar cane plantation, Ethiopia. *Malar J.* 2023; 22(1): 350-358.
  61. Valdés V, Marquetti M del C. Densidad larval y distribución espacio temporal de *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae) en el municipio Boyeros, 2008. *Rev Cubana Med Trop.* 2010; 62(2): 107-111.
  62. Werb O, Matuschewski K, Weber N, Hillers A, Garteh J, Jusu A, Turay BS, Wauquier N, Escalante AA, Pacheco MA, Schaer J. New member of *Plasmodium* (Vincetia) and *Plasmodium cyclopsi* discovered in bats in Sierra Leone - nuclear sequence and complete mitochondrial genome analyses. *Int J Parasitol.* 2024; 54(10): 475-84.
  63. Zuleta-Ruiz BR, Gómez-Vargas W, Ortiz-Reyes A, Ruiz-López F. Identificación de *Anopheles spp.* (Diptera: Culicidae) presentes en áreas endémicas de transmisión de malaria en Turbo, Antioquia y su infección con *Plasmodium spp.* *Actual Biológicas.* 2022; 44(116): 1-14.