



Tecnológico de Monterrey

**Tecnológico de Monterrey - Campus
Guadalajara**

Modelación de la ingeniería en sistemas
eléctricos

Situación Problema

Profesores:

Diego David Avalos De la Torre Alejandro Villacaña Paz

Edgar André Ramírez

Luis Alfonso Ruíz Rodríguez

Por:

Liliana Solórzano Pérez | A01641392

Armando Terrazas Gómez | A01640924

Andrea Núñez García | A01640839

Fernando Gómez Martínez | A01641228

Índice

Introducción

- 1. ¿Qué es la Malaria?2
- 1.1 Síntomas.....3

Desarrollo

- 2. ¿Cuántos casos hay de Malaria a nivel mundial y qué mortalidad tiene?.....3
- 3. ¿Cómo se diagnostica actualmente la Malaria, qué equipos se requieren y cuál es el costo aproximado de este diagnóstico?8
- 4. ¿Qué alternativas se han propuesto para el diagnóstico de la Malaria?.....12
- 5. ¿Cómo afecta la Malaria a las propiedades eléctricas de la sangre?13

Conclusiones.....13

Bibliografía.....14

Introducción

1. ¿Qué es la Malaria?

A lo largo del tiempo, se han ido desarrollando nuevas enfermedades, una de ellas es la Malaria. Esta enfermedad se define por ser parasitaria, con una amplia distribución en zonas mayormente tropicales y subtropicales. Es una enfermedad endémica, que ha alcanzado a más de 100 países, generando aproximadamente 300 - 500 millones de casos nuevos, donde 1.5-2 millones de los infectados, fallecen. Los que poseen mayor rango de mortalidad son los infantes de menos de 5 años de edad, aunque, hay diversos factores externos que pueden afectar en la tasa de mortalidad.

Hoy en día uno de los métodos que se aplican para detectar a los infectados es la detección de anticuerpos monoclonales frente a antígenos parasitarios o la detección de ADN del parásito, por medio de una prueba PCR.

Esta enfermedad puede ser transmitida generalmente por la picadura de mosquitos infectados, transfusión sanguínea, jeringas usadas, entre otros.

Posee un periodo de incubación de 13-28 días, sin embargo, puede variar bastante de acuerdo a factores externos hasta llegar a tener un periodo de incubación de 9-12 meses. La varianza del periodo de incubación de este parásito se debe a los siguientes factores:

- Grado de inmunidad de la persona afectada
- Haber realizado quimioprofilaxis (tratamiento para prevenir la Malaria)
- Vía de contagio: mosquito, transfusión o congénita. En las formas transfusionales no se produce el ciclo hepático del parásito, por lo que el periodo de incubación es menor.

Dato interesante sobre la semi-inmunidad y la inmunidad contra la Malaria:

“La resistencia adquirida (semi-inmunidad) se desarrolla tras infecciones repetidas, aparece a partir de los 4-5 años de vida y se caracteriza por parasitemias bajas y

pacientes asintomáticos o con síntomas leves.” Puente, S., García-Benayas, T., Seseña, G., & González-Lahoz, J. M. (2005).

Posibles causas que pudieron ser el origen de la Malaria:

- Los zancudos (no reconocen el nombre de Anopheles, algunas personas llaman al zancudo "dengue" sin distinguirlo de otros zancudos),
- La falta de aseo y las basuras, están relacionadas con la proliferación de los zancudos.
- La desnutrición (especialmente madres comunitarias y estudiantes de colegio)
- Beber agua contaminada de los ríos

1.1. Síntomas

Los principales síntomas de la malaria causada por los parásitos *P. falciparum* y *P. vivax* son:

- Dolor de cabeza
- fiebre
- escalofríos
- vómito
- anemia
- sueño
- pérdida de apetito

“Los grupos estudiados concuerdan que los lugares en donde están más expuestos son las áreas rurales o selváticas, o donde existen estancamientos de agua”. Pineda, F., & Agudelo, C. A. (2005)

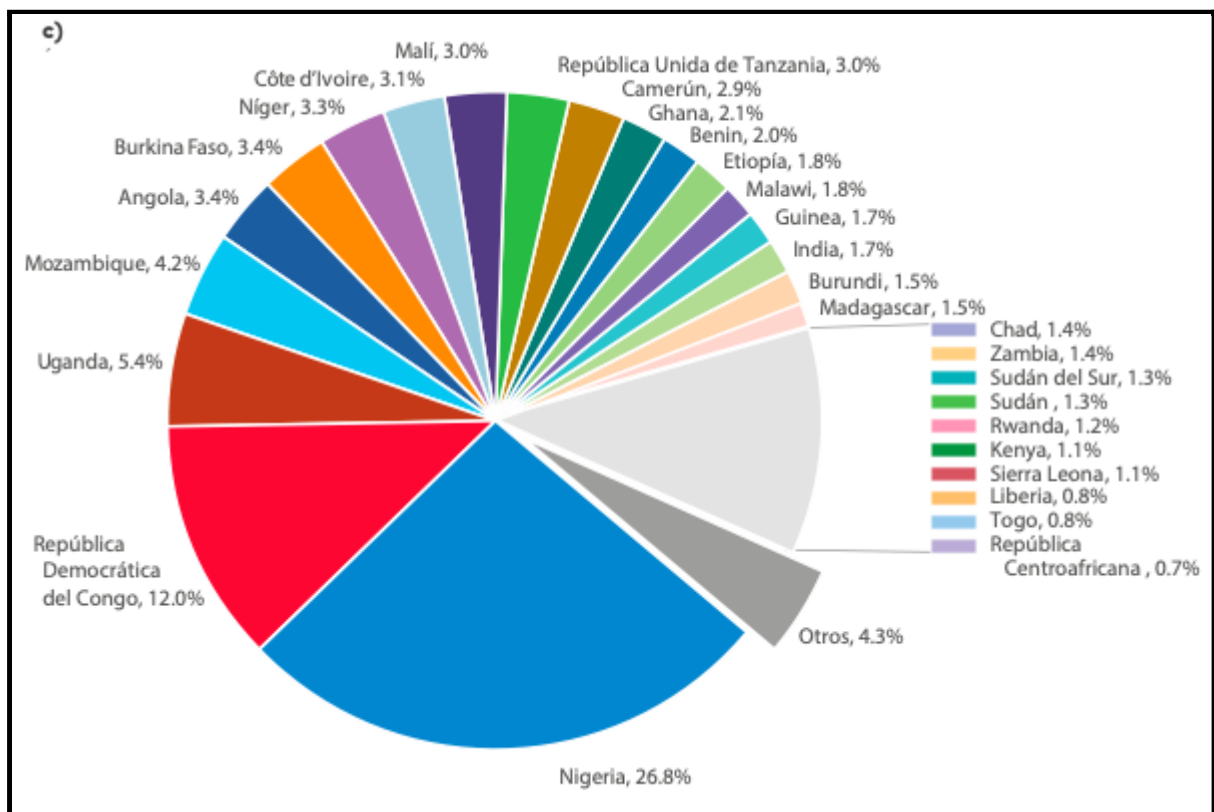
Desarrollo

2. ¿Cuántos casos hay de Malaria a nivel mundial y qué mortalidad tiene?

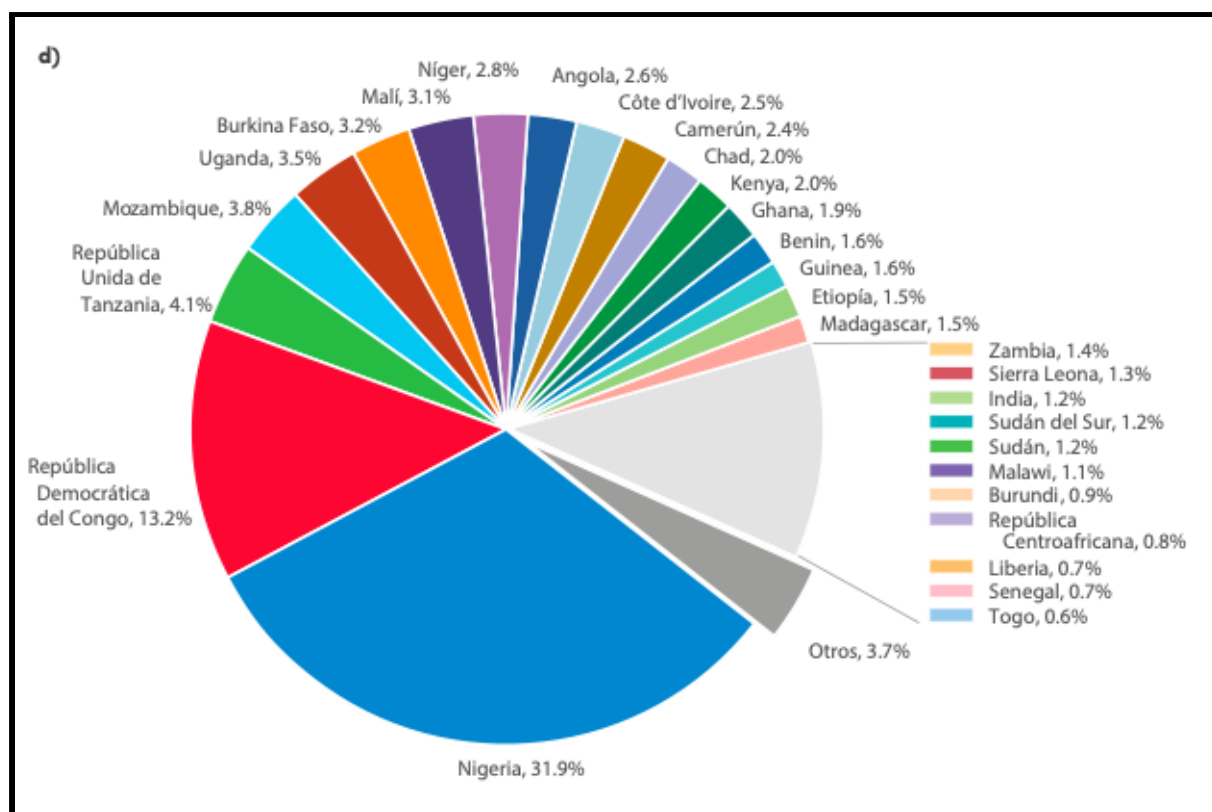
La malaria es una enfermedad que atacó en el 2020, según los datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) a aproximadamente 241 millones de personas en el mundo, siendo África el lugar donde se concentran la mayoría de los casos y muertes por esta enfermedad:

- El 95% de todos los casos de malaria (228 millones);
- el 96% de todas las muertes por malaria (602 000);
- el 80% de las muertes por malaria en la región se producen en niños menores de 5 años.

Detalla la OMS (2021b) que en 2020, seis países del África subsahariana representaron el 55% de todos los casos de malaria a nivel mundial: Nigeria (26.8%), la República Democrática del Congo (12.0%), Uganda (5.4%), Mozambique (4.2%), Angola (3.4%) y Burkina Faso (3.4%).



Cuatro países representaron algo más de la mitad de las muertes por malaria en el mundo: Nigeria (31.9%), la República Democrática del Congo (13.2%), la República Unida de Tanzania (4.1%) y Mozambique (3.8%).



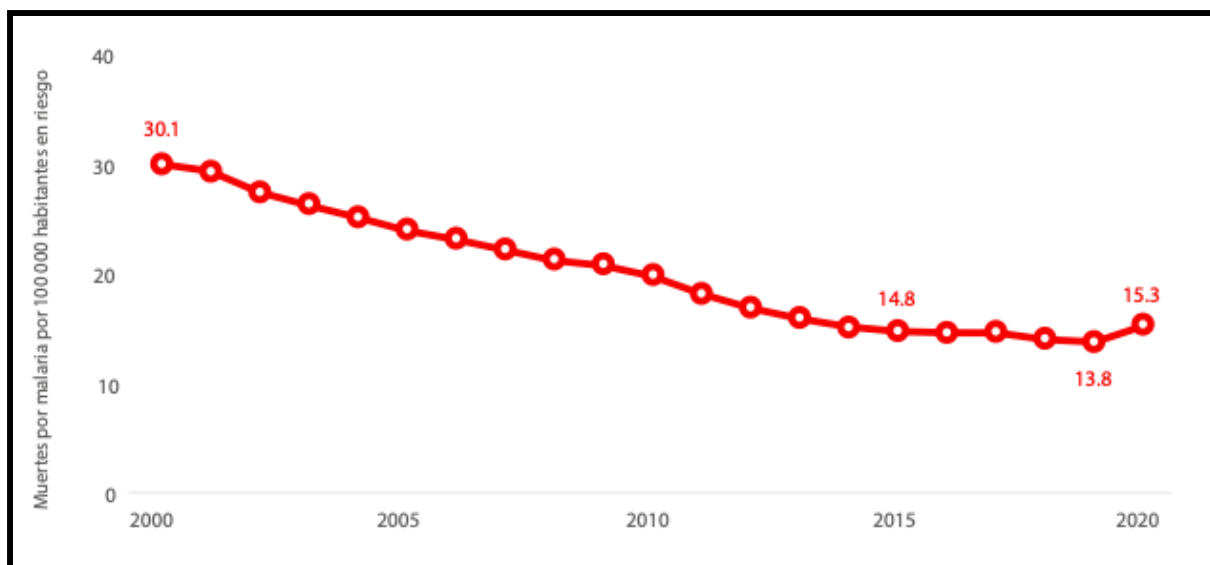
Desde el 2000 que se implementa una estrategia en la eliminación de la malaria, se habían notado reducciones significativas en los casos de malaria en el mundo. Explica la OMS (2020a), la malaria, del 2019 al 2020 presentó un aumento importante en el número de casos y muertes, pasando de 227 millones a los 241 millones de casos en el 2020. Se estima que en 2020 murieron por malaria 69 000 personas más que en 2019 (627 000 frente a 558 000). Esto significa que tuvimos un retroceso en el avance de su erradicación, regresando así a los mismos casos que se tuvieron en el 2006.

De acuerdo con datos de la OMS (2020a), la mortalidad de la malaria desde el año 2000 ha disminuido a aproximadamente la mitad: en el 2000, había 30.1 fallecimientos por 100,000 habitantes en riesgo y en el 2020 pasó a 15.3 muertes. Del 2019 al 2020, al igual que en el aumento de casos, aumentó la mortalidad, pasó de 13.8 a 15.3 muertes por 100,000 habitantes en riesgo.

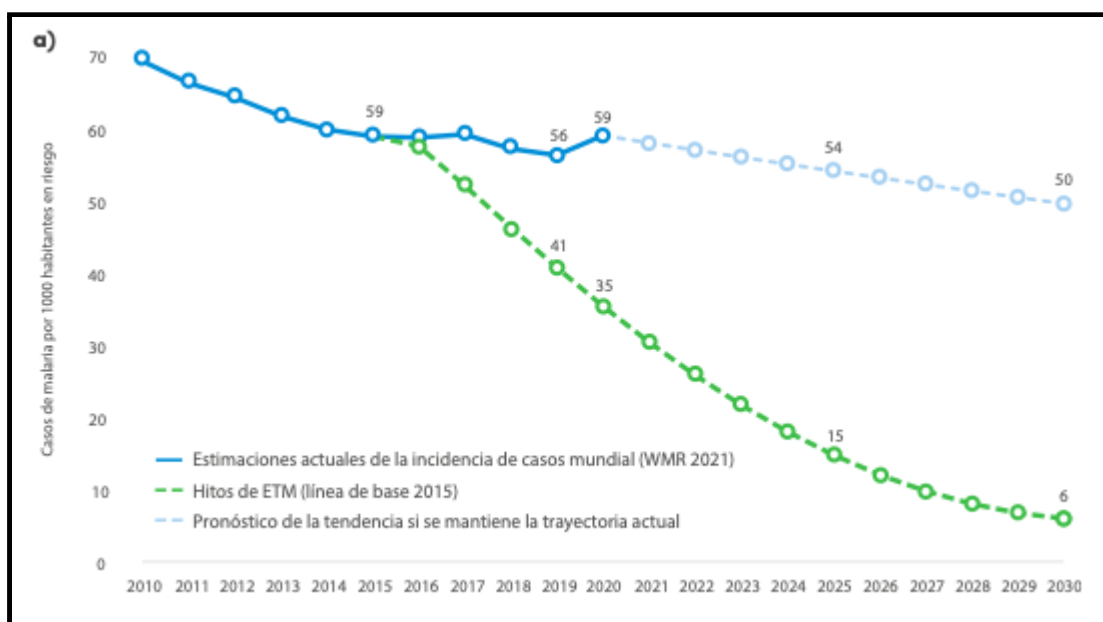
Año	Numero de casos (000)	Numero de muertes
2000	241 000	896 000
2001	246 000	892 000
2002	241 000	848 000
2003	244 000	825 000
2004	247 000	803 000
2005	246 000	778 000
2006	241 000	764 000
2007	238 000	745 000
2008	238 000	725 000
2009	242 000	721 000
2010	244 000	698 000
2011	237 000	651 000
2012	233 000	614 000
2013	227 000	589 000
2014	224 000	569 000
2015	224 000	562 000
2016	226 000	566 000
2017	231 000	574 000
2018	227 000	558 000
2019	227 000	558 000
2020	241 000	627 000

Para el año 2030, la OMS esperaba reducir los casos de malaria en el mundo en al menos un 40% desde el 2016, pero según los datos y las predicciones de tendencia, estamos muy lejos de dichos objetivos.

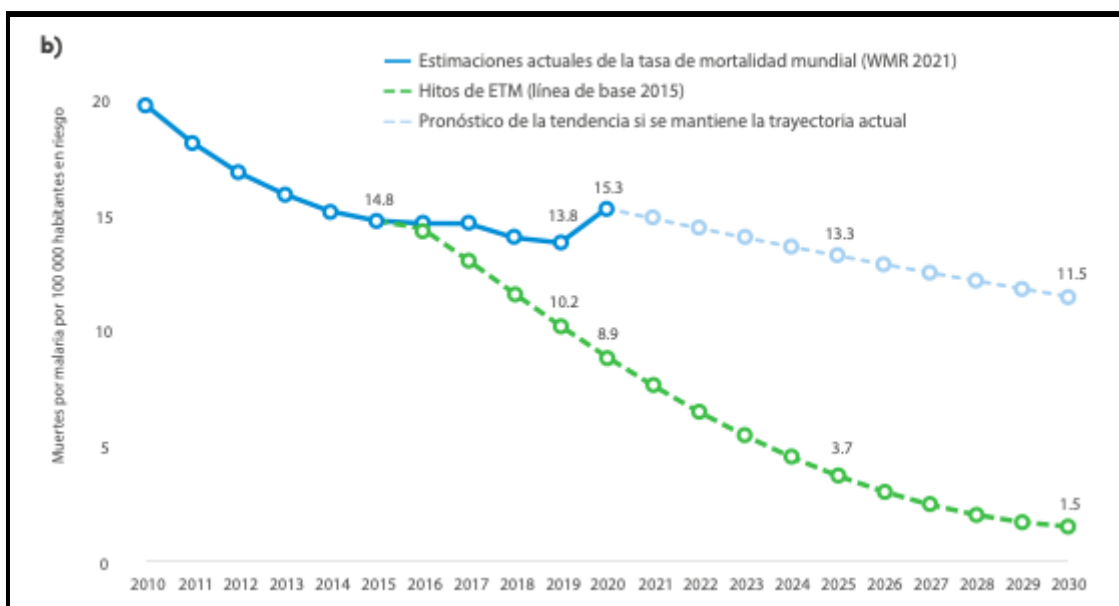
La Estrategia técnica mundial para la malaria 2016-2030 (ETM) de la OMS tenía como objetivo reducir la incidencia de casos de malaria y las tasas de mortalidad en al menos un 40% para el año 2020. Según el último Informe mundial de malaria, el progreso hacia estos hitos del 2020 estaba sustancialmente desviado.



En 2020, la tasa mundial de incidencia de casos de malaria fue de 59 casos por cada 1000 personas en riesgo, frente a una meta de 35, una diferencia del 40%.



En 2020, la tasa de mortalidad mundial fue de 15.3 muertes por cada 100,000 personas en riesgo, frente a un objetivo de 8.9, una diferencia del 42%.



(OMS, 2021b).

3. ¿Cómo se diagnostica actualmente la Malaria, qué equipos se requieren y cuál es el costo aproximado de este diagnóstico?

La OMS (2022b) recomienda el diagnóstico rápido de la malaria, ya sea por microscopía o pruebas de diagnóstico rápido (RDT) para todos los pacientes con sospecha de malaria antes de recibir tratamiento. El diagnóstico precoz y preciso es esencial tanto para un manejo eficaz de la enfermedad como para una fuerte vigilancia de la malaria.

Las pruebas de diagnóstico basadas en parásitos reducen significativamente las enfermedades y la muerte al permitir a los proveedores de salud distinguir rápidamente entre fiebres de malaria y no malaria y seleccionar el tratamiento más adecuado. Mejora el manejo general de los pacientes con enfermedades febriles y también puede ayudar a reducir la aparición y propagación de la resistencia a los medicamentos.

Entre los diferentes tipos de diagnóstico utilizados se encuentran los siguientes:

Sospecha de malaria:

En las zonas donde la malaria es endémica, se debe sospechar malaria en cualquier paciente que presente antecedentes de fiebre o temperatura $\geq 37,5^{\circ}\text{C}$ y

ninguna otra causa obvia. En áreas en las que la transmisión de la malaria es estable (o durante el período de alta transmisión de la malaria estacional), también se debe sospechar malaria en niños con palidez palmar o una concentración de hemoglobina < 8 g/dl. Los entornos de alta transmisión incluyen muchas partes del África subsahariana y algunas partes de Oceanía.

En entornos donde la incidencia de la malaria es muy baja, el diagnóstico parasitológico de todos los casos de fiebre puede dar lugar a un gasto considerable para detectar solo unos pocos pacientes con malaria. En estos entornos, se debe capacitar a los trabajadores de la salud para identificar a los pacientes que pueden haber estado expuestos a la malaria (por ejemplo, viajes recientes a un área donde la malaria es endémica sin medidas de protección) y que tengan fiebre o antecedentes de fiebre sin otra causa obvia, antes de realizar una prueba parasitológica.

En todos los entornos, la sospecha de malaria debe confirmarse con una prueba parasitológica

(OMS, 2022a).

Microscopía de luz:

La microscopía no solo proporciona un diagnóstico altamente sensible y específico de la malaria cuando se realiza bien, sino que también permite cuantificar los parásitos de la malaria y la identificación de las especies infectantes. La microscopía ligera implica costes relativamente altos de formación y supervisión, y la precisión del diagnóstico depende en gran medida de la competencia del microscopista. Los técnicos de microscopía también pueden contribuir al diagnóstico de enfermedades no malaria.

La microscopía de luz tiene otras ventajas importantes:

- bajos costes directos, si se dispone de infraestructura de laboratorio para mantener el servicio;
- alta sensibilidad, si el rendimiento de la microscopía es alto;
- diferenciación de las especies de Plasmodia;

- determinación de las densidades de parásitos, en particular, la identificación de la hiperparasitemia;
- detección de gametocitemia;
- permite controlar las respuestas a la terapia y
- Se puede utilizar para diagnosticar muchas otras afecciones.

(OMS, 2022a).

Pruebas de Diagnóstico Rápido:

Las pruebas de diagnóstico rápido (RDT) son pruebas inmunocromatográficas para detectar antígenos específicos de parásitos en una muestra de sangre con pinchazo en el dedo. [...]

Las pruebas actuales se basan en la detección de la proteína 2 rica en histidina (HRP2), que es específica para *P. falciparum*, la lactato deshidrogenasa de *Plasmodium* (pLDH) o la aldolasa específica de la sarten específica de la sarten. Las diferentes características de estos antígenos pueden afectar a su idoneidad para su uso en diferentes situaciones, y estas deben tenerse en cuenta en los programas de implementación de la RDT. Las pruebas tienen muchas ventajas potenciales, entre ellas:

- suministro rápido de resultados y extensión de los servicios de diagnóstico a las instalaciones y comunidades de salud de nivel más bajo;
- menos requisitos de formación y personal cualificado (por ejemplo, un trabajador de la salud general puede ser capacitado en 1 día); y
- refuerzo de la confianza del paciente en el diagnóstico y en el servicio de salud en general.

También tienen posibles desventajas, entre ellas:

- incapacidad, en el caso de los RDT basados en PfHRP2, para distinguir las nuevas infecciones de las infecciones tratadas recientemente y eficazmente, debido a la persistencia de PfHRP2 en la sangre durante 1-5 semanas después de un tratamiento efectivo;

- la presencia en países de la región amazónica de frecuencias variables de deleciones de HRP2 en los parásitos de *P. falciparum*;
- escasa sensibilidad para detectar *P. malariae* y *P. ovale*; y
- la calidad heterogénea de los productos disponibles comercialmente y la existencia de variaciones de lote a lote.

(OMS, 2022a)

De acuerdo con la Biblioteca Virtual en Salud (s.f), “la sensibilidad es uniforme y alta (>90%) en presencia de infecciones con alta densidad parasitaria (2000-5000 parásitos/ μ L), pero la sensibilidad es variable en densidades bajas (<200 parásitos/ μ L). [...] Las PDR vienen en estuches comerciales cuyo costo oscila entre US\$1.50 -- 3.00 por cada prueba” .

Tinción de Giemsa:

Las formas parasitarias deben distinguirse de los restos de hematíes, leucocitos y de los artefactos que hayan podido producirse durante el procedimiento. Se observarán 3 componentes del parásito:

- Citoplasma (teñido de azul).
- Cromatina (teñida de rojo o violeta).
- Gránulos de pigmento malárico (teñido de marrón, negro o amarillo)

(EHAS, 2012).

4. ¿Qué alternativas se han propuesto para el diagnóstico de la Malaria?

Aunque ya existen métodos eficientes para diagnosticar la Malaria, la investigación de estos nunca está de más. Es por esto, que recientemente se ha encontrado lo que promete ser la manera más efectiva de detectar la Malaria.

El instituto tecnológico de Massachusetts (MIT por sus siglas en inglés), es uno de los responsables del descubrimiento de una alternativa al diagnóstico común por cromatografía.

Los investigadores encontraron una manera de utilizar la relaxometría de resonancia magnética para detectar los desechos de parásitos plasmodium dentro de la sangre del paciente. Este método significa un resultado de diagnóstico más confiable y simple, ya que a diferencia de sus antecesores, su equipo no necesita componentes bioquímicos.

El proceso consiste en detectar un desecho parasítico llamado hemozoína, un cristal paramagnético. La hemozoína es producida por los parásitos Plasmodium cuando estos se alimentan de la hemoglobina que contienen las células rojas. La hemoglobina al descomponerse libera hierro, el cual puede llegar a ser tóxico. Por esto, el parásito convierte el hierro en hemozoína.

Esos cristales de hemozoína interfieren con el ciclo magnético común de los átomos de hidrógeno. Cuando los átomos de hidrógeno son expuestos a un campo magnético, alinean sincrónicamente sus ciclos en una dirección. Si otra partícula magnética como la hemozoína está presente, esta afecta la sincronía de los átomos de hidrógeno. Mientras más de estas partículas están presentes, más se ve afectado el comportamiento de los ciclos de hidrógeno.

Para este proceso de análisis a penas se necesitan 10 microlitros de sangre, algo similar a un pinchazo en el dedo. Por esto, se le considera mucho menos invasivo que otros métodos. Además, a diferencia de con las muestras intravenosas, es más fácil para los trabajadores de la salud tomar muestras de sangre.

Este proceso tiene un costo aproximado de 10 centavos de dólar por cada muestra, siendo esta, la opción más económica de su clase.

(MIT, 2014).

¿Cómo afecta la Malaria a las propiedades eléctricas de la sangre?

Existen varios tipos de enfermedades las cuales provocan cambios en la estructura del organismo, los cuales suelen incluir disminución de masa corporal, pérdida de proteínas, entre otras. En el caso particular de la malaria se modifica la impedancia eléctrica de las células. La impedancia, es una medida de la resistencia eléctrica presente en la membrana celular. En etapas tardías de esta enfermedad las células presentan cambios eléctricos.

Existe un proceso llamado análisis de impedancia bioeléctrica (BIA), la cual consiste en la medición de la resistencia que presentan los tejidos biológicos al paso de una corriente eléctrica alterna de un voltaje por debajo de lo perceptible por el cuerpo humano. Dicho análisis ha sido sumamente empleado en las ciencias de la salud con el fin de detectar anomalías en el cuerpo de manera más temprana y efectiva.

Conclusiones

En pocas palabras la Malaria es una enfermedad parasitaria que afecta a más de 100 países, donde la OMS declaró en el 2020, que la tasa de mortalidad mundial fue de 15.3 muertes por cada 100,000 personas en riesgo afectadas por Malaria. Es una enfermedad con un alto índice de mortalidad, sobre todo en niños pequeños o personas con dificultades de salud. Aproximadamente 241 millones de personas en el mundo, siendo África uno de los principales lugares con mayor concentración de afectados.

La Malaria puede llegar a producir diversos síntomas, los cuales ayudan para poder detectar la enfermedad a tiempo. Uno de los síntomas más reconocibles es el dolor de cabeza, la fiebre, palidez y anemia. Entre más pronto se detecten los síntomas, más pronto podrá ser tratada. Uno de los métodos más usados para poder detectar esta enfermedad rápidamente es el RDT, este método ha generado una gran revolución en el mundo y gracias a esto, ha permitido reducir los casos de muerte por Malaria. Sin embargo, todavía hay varias regiones las cuales no viven en condiciones óptimas y no les es posible tener un acceso a servicios de salud eficaces, sin embargo, como se mencionó anteriormente, hay varias instituciones buscando una forma efectiva, confiable y de precio accesible para poder detectar la malaria a tiempo. Entre estas instituciones se encuentra el MIT, el cual sugirió utilizar la relaxometría de resonancia magnética para detectar los desechos de parásitos plasmodium dentro de la sangre del paciente, siendo este un proceso

rápido y económicamente accesible para varias personas. Sin embargo, se siguen realizando varios estudios y diversos proyectos para poder alcanzar a toda la población que se encuentra afectada por esta enfermedad, para así, poder reducir notablemente la tasa de mortalidad de esta.

Referencias:

- Biblioteca Virtual de Salud. (s. f.). *Pruebas de Diagnóstico Rápido (PDR) para malaria*. MANUAL DE PARASITOLOGÍA. Recuperado 4 de abril de 2022, de http://www.bvs.hn/Honduras/Parasitologia/ManualParasitologia/flash/files/res/downloads/page_0152.pdf
- EHAS. (2012). *PROCESAMIENTO DE MUESTRAS SANGUÍNEAS PARA DIAGNÓSTICO DE MALARIA*. Diagnóstico de Malaria. Recuperado 4 de abril de 2022, de <http://www.telemicroscopia.ehas.org/assets/diagnostico-de-malaria.pdf>
- OMS. (2021a, diciembre 5). *Informe mundial de malaria 2021 Material informativo Mensajes principales*. Recuperado 4 de abril de 2022, de https://cdn.who.int/media/docs/default-source/malaria/world-malaria-reports/world-malaria-report-2021-global-briefing-kit-spa.pdf?sfvrsn=8e5e915_23&download=true
- OMS. (2021b, diciembre 6). *Informe mundial de malaria 2021 Material informativo Datos regionales y tendencias*. Recuperado 4 de abril de 2022, de https://cdn.who.int/media/docs/default-source/malaria/world-malaria-reports/world-malaria-report-2021-regional-briefing-kit-spa.pdf?sfvrsn=338167b6_25&download=true
- OMS. (2022a, marzo 31). *Directrices de la OMS para la malaria*. MagicApp. Recuperado 4 de abril de 2022, de <https://app.magicapp.org/#/guideline/LwRMXj/section/L0v9rE>
- OMS. (2022b, marzo 31). *Pruebas de diagnóstico*. Programa Mundial Contra La Malaria. Recuperado 4 de abril de 2022, de

<https://www.who.int/teams/global-malaria-programme/case-management/diagnosis>

- Puente, S., García-Benayas, T., Seseña, G., & González-Lahoz, J. M. (2005). Malaria: conceptos clínicos y terapéuticos. *Enfermedades Emergentes*, 7(1), 34-39.
- Pineda, F., & Agudelo, C. A. (2005). Percepciones, actitudes y prácticas en malaria en el Amazonas Colombiano. *Revista de salud publica*, 7, 339-348.
- de la Rosa, F. J. B., & Bies, E. R. (2007). Impedancia bioeléctrica y su aplicación en el ámbito hospitalario. *Revista del Hospital Juárez de México*, 74(2), 104-112.
- Propiedades eléctricas de células sanguíneas infectadas indican la malaria temprana, (2013). *LabMedica*. Recuperado de:
<https://www.labmedica.es/microbiologia/articles/294748162/propiedades-electricas-de-celulas-sanguineas-infectadas-indican-la-malaria-temprana.html>
- MIT. (2014, 31 agosto). *A new way to diagnose malaria*. MIT News | Massachusetts Institute of Technology.
<https://news.mit.edu/2014/new-method-diagnose-malaria-0831>