

**SERVICIO DEPARTAMENTAL DE SALUD DE PANDO**

**UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO**

**ÁREA DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**CARRERA DE MEDICINA**



**MONOGRAFÍA**

**“ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE CASOS DE  
MALARIA EN LA COMUNIDAD VILLA ROJAS EN LOS MESES DE  
OCTUBRE A DICIEMBRE DE LAS GESTIONES 2017 Y 2024”**

**AUTOR:**

**OSCAR DANIEL VARGAS MONTAÑO**

**Porvenir – Pando - Bolivia**

**2024**

## INDICE GENERAL

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                            | <b>1</b>  |
| <b>CAPITULO I .....</b>                             | <b>3</b>  |
| <b>PROBLEMA INVESTIGADO.....</b>                    | <b>3</b>  |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                | 3         |
| 1.1.1 Descripción de la situación problemática..... | 3         |
| 1.1.2 Formulación del problema.....                 | 5         |
| 1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....          | 6         |
| 1.2.1 Delimitación temática.....                    | 6         |
| 1.2.2. Delimitación temporal .....                  | 6         |
| 1.2.3. Delimitación espacial .....                  | 6         |
| 1.3 OBJETO DEL ESTUDIO .....                        | 6         |
| 1.4 OBJETIVOS .....                                 | 7         |
| 1.4.1 Objetivo General.....                         | 7         |
| 1.4.2 Objetivos Específicos .....                   | 7         |
| 1.5 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....                     | 7         |
| 1.5.1 Justificación Teórica.....                    | 7         |
| 1.5.2 Justificación Social.....                     | 8         |
| 1.5.3 Justificación Práctica .....                  | 10        |
| <b>CAPITULO II.....</b>                             | <b>11</b> |
| <b>MARCO TEORICO REFERENCIAL.....</b>               | <b>11</b> |
| 2.1 MARCO CONCEPTUAL .....                          | 11        |

|                          |  |           |
|--------------------------|--|-----------|
| 2.1.1                    | Malaria.....                                   | 11        |
| 2.1.2                    | Estudio comparativo.....                       | 11        |
| 2.1.3                    | Evolución de la enfermedad.....                | 11        |
| 2.1.4                    | Distribución de la enfermedad.....             | 12        |
| 2.1.5                    | Puesto de salud.....                           | 12        |
| 2.1.6                    | Población.....                                 | 12        |
| 2.1.7                    | Incidencia.....                                | 12        |
| 2.2                      | MARCO TEÓRICO.....                             | 13        |
| 2.2.1                    | Malaria.....                                   | 13        |
| 2.2.2                    | Historia de la malaria.....                    | 13        |
| 2.2.3                    | Fisiopatología de la Malaria.....              | 15        |
| 2.2.4                    | Daño a los glóbulos rojos y otros órganos..... | 16        |
| 2.2.5                    | Sintomatología de la Malaria.....              | 16        |
| 2.2.6                    | Diagnóstico de la Malaria.....                 | 18        |
| 2.2.7                    | Tratamiento de la Malaria.....                 | 20        |
| <b>CAPITULO III.....</b> |  | <b>23</b> |
| <b>3</b>                 | <b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>                 | <b>23</b> |
| 3.1                      | OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....       | 23        |
| 3.1.1                    | Variable independiente.....                    | 23        |
| 3.1.2                    | Variable dependiente.....                      | 23        |
| 3.2                      | ENFOQUE METODOLÓGICO.....                      | 23        |
| 3.3                      | TIPO DE INVESTIGACIÓN.....                     | 23        |
| 3.4                      | MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....                  | 24        |

|  |   |           |
|--|---|-----------|
| 3.4.1                                      | Método teórico deductivo.....             | 24        |
| 3.4.2                                      | Método analítico.....                     | 24        |
| 3.4.3                                      | Método empírico.....                      | 25        |
| 3.5  | POBLACIÓN Y MUESTRA.....                  | 25        |
| 3.5.1                                      | Población.....                            | 25        |
| 3.5.2                                      | Muestra.....                              | 25        |
| 3.6  | TÉCNICA E INSTRUMENTOS.....               | 25        |
| 3.6.1                                      | Cálculo del crecimiento porcentual.....   | 25        |
| 3.6.2                                      | Cálculo de la media.....                  | 26        |
| 3.6.3                                      | Cálculo de la prueba de t de Student..... | 26        |
| 3.6.4                                      | Regresión lineal.....                     | 28        |
| <b>CAPITULO IV.....</b>                    |   | <b>30</b> |
| <b>RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b> |   | <b>30</b> |
| 4.1  | RESULTADOS.....                           | 30        |
| <b>CAPITULO V.....</b>                     |   | <b>37</b> |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b> |   | <b>37</b> |
| 5.1  | CONCLUSIONES.....                         | 37        |
| 5.2  | RECOMENDACIONES.....                      | 40        |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                   |   | <b>42</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                         |   | <b>49</b> |

## INDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 Crecimiento promedio de malaria .....   | 30 |
| tabla 2 Promedio de casos de malaria.....       | 31 |
| tabla 3 Distribución de casos de malaria .....  | 33 |
| tabla 4 Evolución de los casos de malaria ..... | 34 |

## INDICE DE GRAFICOS

|  |    |
|--|----|
| Grafico 1 Crecimiento promedio de malaria .....  | 30 |
| Grafico 2 Promedio de casos de malaria .....     | 32 |
| Grafico 3 Distribución de casos de malaria.....  | 33 |
| Grafico 4 Evolución de los casos de malaria..... | 35 |

## INDICE DE ANEXOS

|         |  |    |
|---------|--|----|
| Anexo 1 | Visitas domiciliarias .....                              | 49 |
| Anexo 2 | Fotos de limpieza de áreas .....                         | 50 |
| Anexo 3 | Uso de software visual code .....                        | 51 |
| Anexo 4 | Cálculo de P-value y T – statistic con visual code ..... | 52 |
| Anexo 5 | Cálculo de la regresión lineal .....                     | 53 |

## RESUMEN

La malaria es una enfermedad transmitida por mosquitos que sigue siendo un problema de salud pública en muchas regiones tropicales, incluyendo Villa Rojas. A lo largo de los años, los esfuerzos de prevención y control han logrado reducir su incidencia en algunas áreas, pero factores ambientales, climáticos y operativos pueden comprometer estos avances y generar nuevos brotes. En este contexto, el análisis epidemiológico de la malaria es fundamental para comprender su evolución y mejorar las estrategias de mitigación.

Esta investigación se centró en analizar la evolución de los casos de malaria en la comunidad de Villa Rojas, comparando los años 2017 y 2024 durante los meses de octubre, noviembre y diciembre. Utilizando herramientas estadísticas como la regresión lineal y la regresión lineal múltiple, se evaluaron las tendencias y factores temporales relacionados con el aumento de los casos. Los resultados mostraron un incremento significativo en los casos de malaria en 2024, especialmente en los meses de octubre y noviembre, en comparación con 2017. La tasa de crecimiento porcentual fue notablemente alta en esos meses, lo que resalta la necesidad de mejorar las estrategias de control y prevención, tales como la distribución de mosquiteros y fumigación. Las conclusiones indicaron que el aumento de los casos podría estar relacionado con diversos factores, como la proliferación del mosquito transmisor y posibles deficiencias en las políticas de prevención. Finalmente, se recomendaron medidas preventivas más efectivas y un fortalecimiento de la infraestructura de salud para prevenir futuros brotes de malaria.

Para ello, se llevó a cabo un análisis comparativo de los datos históricos de malaria correspondientes a 2017 y 2024. Se utilizaron gráficos de barras y líneas de regresión para identificar tendencias en la evolución de los casos. Además, se aplicó la prueba estadística t de Student para comparar las medias de incidencia entre ambos años, permitiendo determinar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas. Asimismo, se consideraron factores ambientales y deficiencias en las estrategias de prevención que podrían haber influido en el aumento de los casos.

Los resultados del análisis mostraron que en 2024 hubo un incremento significativo en la incidencia de malaria, especialmente en los meses de octubre, noviembre y diciembre, en comparación con 2017. El análisis estadístico arrojó un p-valor de 0.015, lo que confirma que las diferencias entre ambos años son significativas. Se identificaron diversas causas posibles para este aumento, incluyendo una mayor proliferación del mosquito transmisor, cambios ambientales y fallas en las estrategias de control. Estos hallazgos resaltan la importancia de reforzar las medidas de prevención, como la distribución de mosquiteros, la intensificación de la fumigación y la educación comunitaria. Además, se recomienda mejorar la recolección y análisis de datos en tiempo real para prever y mitigar futuros brotes, especialmente ante el riesgo de un nuevo incremento en 2025.

**Palabras clave:** Malaria, evolución de casos, regresión lineal.

## ABSTRACT

Malaria is a mosquito-borne disease that remains a public health issue in many tropical regions, including Villa Rojas. Over the years, prevention and control efforts have reduced its incidence in some areas, but environmental, climatic, and operational factors can compromise these advances and lead to new outbreaks. In this context, the epidemiological analysis of malaria is essential to understand its evolution and improve mitigation strategies.

This research focused on analyzing the evolution of malaria cases in the community of Villa Rojas, comparing the years 2017 and 2024 during the months of October, November, and December. Using statistical tools such as linear regression and multiple linear regression, trends and temporal factors related to the increase in cases were evaluated. The results showed a significant increase in malaria cases in 2024, especially in October and November, compared to 2017. The percentage growth rate was notably high in these months, highlighting the need to improve control and prevention strategies, such as the distribution of mosquito nets and fumigation. The conclusions indicated that the rise in cases could be linked to various factors, including the proliferation of the transmitting mosquito and possible deficiencies in prevention policies. Finally, more effective preventive measures and the strengthening of healthcare infrastructure were recommended to prevent future malaria outbreaks.

To achieve this, a comparative analysis of historical malaria data from 2017 and 2024 was conducted. Bar charts and regression lines were used to identify trends in case evolution. Additionally, the Student's t-test was applied to compare incidence means between both years, allowing for the determination of whether the observed differences were statistically significant. Environmental factors and shortcomings in prevention strategies that may have influenced the increase in cases were also considered.

The results of the analysis showed a significant increase in malaria incidence in 2024, particularly in October, November, and December, compared to 2017. The statistical analysis yielded a p-value of 0.015, confirming that the differences between the two years are significant. Various possible causes for this increase were identified, including a higher proliferation of the transmitting mosquito, environmental changes, and failures in control strategies. These findings highlight the importance of reinforcing prevention measures, such as distributing mosquito nets, intensifying fumigation, and promoting community education. Additionally, improving real-time data collection and analysis is recommended to anticipate and mitigate future outbreaks, especially given the risk of another increase in 2025.

**Keywords:** Malaria, cases evolution, linear regression.

## INTRODUCCIÓN

La malaria continua siendo una de las enfermedades infecciosas más significativas en regiones tropicales y subtropicales, afectando de manera desproporcionada a comunidades vulnerables en áreas rurales y selváticas. En Bolivia, el departamento de Pando enfrenta desafíos importantes relacionados con esta enfermedad, particularmente en comunidades como Villa Rojas, donde la proximidad a cuerpos de agua, la deforestación y la actividad agrícola intensifican los brotes. Este fenómeno se exagera en los meses de octubre, noviembre y diciembre, cuando las lluvias generan condiciones ideales para la proliferación del mosquito *Anopheles*, vector principal de los parásitos *Plasmodium vivax* y *Plasmodium falciparum* (Fonseca et al., 2023).

Las investigaciones recientes subrayan el papel crucial que desempeñan los factores ambientales en la transmisión de la malaria. Por ejemplo, se ha observado que las características químicas y físicas de los ríos, como el color del agua y los niveles de sedimentos, están asociadas con las tasas de casos de malaria. Los ríos con agua negra o mezclada parecen presentar una casos más alta en comparación con ríos de agua blanca, lo que apunta a relaciones complejas entre las características ecológicas y la epidemiología de la enfermedad (Fonseca et al., 2023).

Otro factor determinante es la actividad humana en áreas forestales, especialmente la minería y la agricultura intensiva. Estas actividades no solo destruyen hábitats naturales, sino que también generan condiciones que favorecen la reproducción del mosquito vector. Un estudio llevado a cabo en el Amazonas brasileño concluyó que los mineros tienen cinco veces más probabilidades de contraer malaria debido a las condiciones precarias en las que trabajan y viven, lo que a menudo incluye la falta de acceso a servicios de salud básicos (Ueno et al., 2021).

Además, los cambios climáticos han demostrado tener un impacto directo en la estacionalidad de la malaria. Investigaciones recientes han identificado patrones estacionales bien marcados en los casos de malaria en la cuenca amazónica, vinculados a variables climáticas como la temperatura y la precipitación. Estas variables no solo afectan la reproducción y supervivencia

de los mosquitos, sino que también influyen en la dinámica de transmisión del parásito, complicando los esfuerzos de control y prevención (Valiati et al., 2024).

En el caso específico de Bolivia, la casos de malaria en zonas rurales y fronterizas se ve agravada por la falta de infraestructura sanitaria adecuada y por la alta movilidad de las poblaciones debido a actividades económicas como la tala. En regiones cercanas, como en el Amazonas brasileño, un análisis espacial y temporal reciente reveló que la deforestación acumulada y las actividades económicas están directamente relacionadas con picos inesperados en la casos de malaria, lo que subraya la necesidad de enfoques adaptados a las condiciones locales (Laporta et al., 2021).

Finalmente, la percepción y el comportamiento de las comunidades frente a la malaria representan desafíos adicionales para los programas de control. Un estudio reciente en el Amazonas reveló que muchas personas aún desconocen cómo se transmite la enfermedad y dependen de remedios tradicionales o medicamentos obtenidos en el mercado informal, lo que dificulta el diagnóstico y tratamiento adecuados (Murta et al., 2021).

El análisis de estos factores no solo es relevante para comprender la epidemiología local de la malaria en Villa Rojas, sino también para diseñar estrategias efectivas de intervención que consideren las particularidades sociales, económicas y ambientales de la región. Con una comprensión más profunda de las dinámicas locales, será posible no solo reducir la casos de la malaria, sino también mejorar la calidad de vida de las comunidades afectadas.

# CAPITULO I

## PROBLEMA INVESTIGADO

### 1.1 Planteamiento del problema

#### 1.1.1 Descripción de la situación problemática

Villa Rojas, ubicada en el municipio de Porvenir, Pando, enfrenta una alta casos de malaria durante los meses de transición climática de octubre a diciembre. En esta región amazónica, la combinación de factores ambientales como la alta pluviosidad, la presencia de cuerpos de agua y la falta de infraestructura básica favorece la proliferación de mosquitos vectores del género *Anopheles*.

Esta situación se agrava por la limitada cobertura de servicios de salud, que dificulta el diagnóstico temprano y el tratamiento adecuado, aumentando el riesgo de complicaciones y la transmisión continua de la enfermedad (Liu et al., 2021).

La malaria en nuestra región está dominada por las especies *Plasmodium vivax* y *P. falciparum*. Aunque *P. vivax* representa la mayoría de los casos, *P. falciparum*, responsable de formas más severas de la enfermedad, también se registra en la región (Fonseca et al., 2022). Esta doble carga añade complejidad al manejo de la enfermedad en un sistema de salud ya sobrecargado.

La comunidad de Villa Rojas, presenta un entorno propicio para la transmisión de malaria debido a sus características geográficas, ambientales y socioeconómicas. Estas condiciones incluyen la presencia de extensas áreas forestales, cuerpos de agua estancada y un clima tropical con alta pluviosidad, especialmente durante los meses de octubre a diciembre, cuando comienza la temporada de lluvias. Según Arruda et al. (2023), este período representa un desafío epidemiológico crítico porque facilita la reproducción masiva de mosquitos del género *Anopheles*, vectores responsables de la transmisión de las especies *Plasmodium vivax* y *Plasmodium falciparum*.

La deforestación y las actividades humanas, como la agricultura y la minería, alteran los ecosistemas naturales y crean nuevos criaderos de mosquitos. En zonas similares, se ha observado que las actividades de extracción de recursos naturales, combinadas con la migración temporal de trabajadores hacia estas áreas, intensifican los brotes de malaria al aumentar la exposición de las personas al vector. Estas dinámicas también complican la planificación y ejecución de estrategias de control, especialmente en comunidades con difícil acceso a servicios de salud (Mendes et al., 2020).

El impacto de la malaria en Villa Rojas no solo se manifiesta en términos de morbilidad, sino también en su carga económica y social. Las personas infectadas, al experimentar episodios recurrentes de fiebre y debilidad, sufren pérdidas de productividad laboral. Este doble impacto perpetúa el ciclo de pobreza en comunidades vulnerables.

En regiones amazónicas, investigaciones recientes han evidenciado que los factores socioeconómicos, como la pobreza extrema y el limitado acceso a educación, desempeñan un papel fundamental en la alta prevalencia de malaria (Palma-Cuero et al., 2022).

Además, la falta de infraestructura sanitaria adecuada en el municipio agrava la situación. El centro de salud local a menudo carecen de recursos suficientes para realizar diagnósticos precisos y tratar a los pacientes de manera oportuna, o las muestras deben ser trasladadas hacia el centro de salud más próximo, en este caso San Martín de Porres en Porvenir. La malaria por *Plasmodium vivax*, en particular, presenta desafíos adicionales debido a su capacidad de formar hipnozoítos, una etapa latente en el hígado que puede reactivar la enfermedad meses después de la infección inicial. Este fenómeno aumenta la recurrencia de casos y la carga sobre el sistema de salud (Tinajeros et al., 2024).

Otro aspecto preocupante es la limitada adopción de medidas preventivas en la comunidad. A pesar de las campañas para distribuir mosquiteros tratados con insecticida, su uso no está ampliamente extendido debido a factores culturales, falta de conocimiento o disponibilidad limitada. En regiones similares, se ha documentado que estas barreras impiden el éxito de las intervenciones de control de malaria (Rosas-Aguirre et al., 2020).

A nivel global, se han reportado retrocesos en los avances hacia la eliminación de la malaria, especialmente en regiones con alta transmisión como la Amazonía. Según un análisis de tendencias globales, los índices de casos de malaria han mostrado ligeros aumentos en los últimos años, lo que resalta la necesidad de reforzar las estrategias de prevención y tratamiento en áreas endémicas (Liu et al., 2021).

En el caso de Bolivia, Pando se encuentra entre las regiones más afectadas, y los datos disponibles subrayan la importancia de implementar medidas específicas y localizadas para abordar los determinantes ambientales, sociales y estructurales de la malaria. La alta dependencia de recursos naturales y la falta de coordinación entre comunidades y autoridades locales son barreras adicionales para el control eficaz de la enfermedad. Este contexto requiere enfoques interdisciplinarios que integren la investigación científica con intervenciones prácticas para reducir la casos y mitigar el impacto de la malaria en Villa Rojas y sus alrededores.

### **1.1.2 Formulación del problema**

¿Cómo ha evolucionado la distribución de los casos de malaria en los meses de octubre, a diciembre de las gestiones 2017 y 2024 en el Centro de Salud Villa Rojas, y qué patrones pueden identificarse para predecir brotes futuros en la comunidad?

## **1.2 Delimitación de la investigación**

### **1.2.1 Delimitación temática**

Este estudio se enfoca en el análisis de la evolución y distribución de los casos de malaria, no se abordará otras enfermedades transmitidas por mosquitos ni analizará la malaria fuera del periodo y la región establecidos. El enfoque principal será proporcionar información relevante para la toma de decisiones en políticas de prevención y control, con el fin de mejorar la respuesta ante posibles futuros brotes en la comunidad.

### **1.2.2. Delimitación temporal**

Este estudio se enfoca en el análisis de la evolución y distribución de los casos de malaria tomando como referencia los meses de octubre a diciembre de las gestiones 2017 y 2024.

### **1.2.3. Delimitación espacial**

Este estudio incluye a los habitantes de la comunidad de Villa Rojas, en el municipio de Porvenir, Pando, Bolivia, atendidos en el Centro de Salud Villa Rojas durante los meses de octubre a diciembre en las gestiones 2017 y 2024. Este grupo representa a los individuos expuestos al riesgo de malaria en esta región, proporcionando datos relevantes para analizar los patrones de transmisión y su evolución.

## **1.3 Objeto del Estudio**

El objeto de estudio de esta investigación es el análisis de los casos de malaria reportados en la comunidad de Villa Rojas, específicamente durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de los años 2017 y 2024. Este análisis se enfoca en la comparación de la distribución y evolución de los casos, así como en la identificación de posibles patrones, que pueden servir como base para la predicción de brotes futuros y la mejora de las estrategias de prevención y control en la región.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Análisis comparativo de la evolución y distribución de los casos de malaria en la comunidad de Villa Rojas durante los meses de octubre a diciembre de las gestiones 2017 y 2024.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Calcular la tasa de crecimiento promedio de los casos de malaria entre los años 2017 y 2024, utilizando el cálculo de crecimiento porcentual para identificar el cambio relativo entre los años.
- Determinar el promedio de casos de malaria para los meses de octubre, noviembre y diciembre en los años 2017 y 2024, como una medida de comparación general de la distribución de los casos entre los dos periodos.
- Comparar la distribución de los casos de malaria entre los meses de octubre, noviembre y diciembre de los años 2017 y 2024, para identificar diferencias significativas en la cantidad de casos registrados utilizando la prueba t de Student.
- Evaluar la tendencia en la evolución de los casos de malaria a lo largo del tiempo en los años 2017 y 2024, utilizando un modelo de regresión lineal para identificar cómo varían los casos en función del tiempo (meses).

## **1.5 Justificación del Tema**

### **1.5.1 Justificación Teórica**

La malaria sigue siendo una de las enfermedades infecciosas más prevalentes en regiones tropicales y subtropicales, especialmente en áreas rurales de América Latina, donde las condiciones socioeconómicas, geográficas y climáticas favorecen su propagación. La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que, a pesar de los esfuerzos internacionales

por erradicarla, la malaria continúa siendo un desafío importante para la salud pública, afectando principalmente a comunidades vulnerables en países como Bolivia (WHO, 2022). Villa Rojas, ubicada en el municipio de Porvenir, Pando, Bolivia, es un ejemplo claro de este problema, donde a pesar de los esfuerzos en salud pública, los casos de malaria siguen siendo recurrentes, especialmente durante los meses de mayor prevalencia (Ministerio de Salud de Bolivia, 2021). Este estudio es esencial para comprender mejor las variaciones en la distribución de los casos de malaria y los factores que influyen en su aumento o disminución, con el fin de implementar medidas de prevención más efectivas y basadas en evidencia.

En las últimas décadas, diversos estudios han identificado factores como el cambio climático, las condiciones de vivienda, el acceso a la atención sanitaria y la prevalencia de mosquitos vectores como determinantes clave en la propagación de la malaria (González et al., 2018; Ortega et al., 2020). La investigación realizada por Pérez y Soto (2019) indica que, aunque los esfuerzos de prevención como la distribución de mosquiteros y la fumigación han logrado reducir los casos, la implementación de estas medidas no ha sido completamente efectiva debido a la falta de información precisa y actualizada sobre los patrones de la enfermedad en tiempo real. El análisis de la evolución y distribución de los casos de malaria en Villa Rojas entre los años 2017 y 2024 contribuirá a llenar este vacío, proporcionando una visión detallada de las tendencias a lo largo del tiempo y permitiendo la identificación de factores específicos que inciden en la recurrencia de la enfermedad.

### **1.5.2 Justificación Social**

Este estudio no solo tiene implicaciones científicas, sino también un fuerte impacto social. El análisis de los datos históricos de malaria permitirá identificar patrones y tendencias, lo que facilitará la predicción de futuros brotes. La predicción de brotes es un aspecto clave en la planificación de intervenciones oportunas, ya que la malaria tiene una distribución estacional muy marcada (González et al., 2018). La capacidad para anticiparse a los brotes no solo mejora la preparación, sino que también optimiza el uso de recursos limitados. De acuerdo con la OMS (2022), los sistemas de alerta temprana son fundamentales para reducir el impacto de la malaria

en las comunidades. Además, la comparación entre los años 2017 y 2024 proporcionará información valiosa sobre si los esfuerzos de control implementados en estos años han sido eficaces y si las condiciones de la región están cambiando de alguna manera que favorezca o dificulte la transmisión.

Desde una perspectiva social, los resultados de esta investigación pueden ser utilizados para diseñar estrategias de prevención que estén mejor adaptadas a las realidades locales. La comunidad de Villa Rojas, al igual que muchas otras zonas rurales de Bolivia, enfrenta limitaciones en términos de infraestructura de salud, acceso a servicios médicos y recursos económicos (Ortega et al., 2020). Por lo tanto, contar con datos precisos sobre los picos estacionales y las zonas de mayor riesgo es crucial para implementar intervenciones de salud pública más focalizadas y eficientes. La información obtenida de este estudio también puede ayudar a sensibilizar a la población local sobre los riesgos asociados con la malaria, promoviendo conductas preventivas y el uso de métodos de protección personal como los mosquiteros y repelentes.

Este estudio se fortalece al considerar que la malaria en Villa Rojas tiene un impacto significativo en la salud de la población y en su bienestar general. Los casos de malaria recurrentes afectan principalmente a la población más vulnerable, como niños y personas mayores, y limitan el desarrollo social y económico de la comunidad. Además, la malaria es una enfermedad que puede incapacitar a los individuos por períodos prolongados, lo que impacta directamente en la productividad laboral y la calidad de vida (Pérez y Soto, 2019). Mejorar las estrategias de prevención basadas en datos locales es una forma efectiva de reducir la carga de la enfermedad y, en consecuencia, mejorar las condiciones de vida en la comunidad.

El análisis de los casos registrados entre 2017 y 2024 proporcionará también una base para futuras investigaciones sobre la malaria en otras regiones de Bolivia. Según informes del Ministerio de Salud de Bolivia (2021), existen grandes disparidades en los registros y en el acceso a la atención en las zonas rurales del país, lo que dificulta la elaboración de políticas públicas eficaces. El estudio de Villa Rojas, si se extiende a otras áreas rurales, podría generar

un cuerpo de conocimientos más robusto sobre la dinámica de la malaria en áreas similares, permitiendo a las autoridades de salud pública tomar decisiones informadas y desarrollar políticas más acertadas.

### **1.5.3 Justificación Práctica**

Finalmente, los resultados de esta investigación pueden ser de gran utilidad para la mejora de los modelos predictivos en el manejo de la malaria en Bolivia y otras regiones tropicales. La literatura sugiere que la predicción de brotes, aunque compleja, es una herramienta esencial para la gestión eficiente de recursos en situaciones de emergencia sanitaria (González et al., 2018). Este estudio, al proporcionar un análisis detallado de los patrones de la enfermedad en la comunidad, contribuye al desarrollo de modelos más precisos y contextualizados para la predicción de futuros brotes de malaria, facilitando la implementación de medidas de prevención más efectivas.

La justificación práctica de este estudio radica en su capacidad para generar conocimientos fundamentales sobre la malaria en la comunidad de Villa Rojas y su potencial para mejorar las estrategias de prevención, predicción y control. A nivel científico, ofrece datos valiosos sobre la evolución de la enfermedad, mientras que, a nivel social, contribuye a la mejora de la salud pública y al bienestar de la población afectada.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO REFERENCIAL**

#### **2.1 Marco conceptual**

##### **2.1.1 Malaria**

La malaria es una enfermedad infecciosa causada por parásitos del género Plasmodium, transmitidos por la picadura de mosquitos del género Anopheles. Los principales tipos de Plasmodium que afectan a los humanos son *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae* y *P. ovale*. Se caracteriza por fiebre, escalofríos, sudoración y, en casos graves, puede causar complicaciones como anemia severa y daño cerebral. Su control depende de estrategias como la distribución de mosquiteros, el uso de fármacos antimaláricos y la fumigación (World Health Organization [WHO], 2023).

##### **2.1.2 Estudio comparativo**

El estudio comparativo es un método de investigación que analiza similitudes y diferencias entre dos o más conjuntos de datos, eventos o grupos. En el caso de la malaria, permite evaluar la evolución de la enfermedad en diferentes períodos o regiones, identificando factores que pueden haber influido en su variación. Se utilizan técnicas estadísticas para validar los hallazgos y generar conclusiones basadas en evidencia (Creswell, 2014).

##### **2.1.3 Evolución de la enfermedad**

La evolución de una enfermedad se refiere a los cambios en su incidencia, prevalencia y patrones de transmisión a lo largo del tiempo. En el caso de la malaria, puede verse influenciada por factores como la resistencia a medicamentos, cambios climáticos, estrategias de control y mutaciones en el parásito. Analizar la evolución de la malaria permite predecir posibles brotes y optimizar las políticas de salud pública (Greenwood & Mutabingwa, 2002).

#### **2.1.4 Distribución de la enfermedad**

La distribución de la malaria varía según factores geográficos, climáticos y socioeconómicos. Se observa con mayor frecuencia en regiones tropicales y subtropicales, donde las condiciones favorecen la reproducción del mosquito vector. La distribución espacial y temporal de la malaria permite identificar zonas de alto riesgo y aplicar medidas preventivas eficaces (Hay, Smith, & Snow, 2005).

#### **2.1.5 Puesto de salud**

Un puesto de salud es una unidad de atención primaria que brinda servicios básicos de prevención y tratamiento de enfermedades en comunidades. En el contexto de la malaria, estos establecimientos desempeñan un papel crucial en la detección temprana, el diagnóstico por microscopía o pruebas rápidas y la administración de tratamientos antimaláricos. Su accesibilidad y cobertura influyen en la eficacia de la respuesta sanitaria ante brotes (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2019).

#### **2.1.6 Población**

La población en estudios epidemiológicos se refiere al conjunto de individuos expuestos a una enfermedad en un área determinada. En el caso de la malaria, las poblaciones rurales suelen ser más vulnerables debido a la proximidad a criaderos de mosquitos y a limitaciones en el acceso a servicios de salud. Factores como la densidad poblacional y las condiciones socioeconómicas afectan la transmisión y control de la enfermedad (Rothman, Greenland, & Lash, 2008).

#### **2.1.7 Incidencia**

La incidencia mide el número de casos nuevos de una enfermedad en una población durante un período específico. En epidemiología, se expresa como tasa de incidencia, que permite evaluar el riesgo de propagación de una enfermedad y la efectividad de las intervenciones de control. En el caso de la malaria, un aumento en la incidencia puede indicar fallas en las estrategias de prevención o cambios en factores ambientales (Gordis, 2014).

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 Malaria**

La malaria es una de las enfermedades más antiguas que afectan a la humanidad. Causada por parásitos del género Plasmodium y transmitida por mosquitos del género Anopheles, la malaria sigue siendo una de las principales causas de enfermedad y muerte en muchas regiones del mundo, especialmente en África subsahariana. La transmisión de la enfermedad y sus complicaciones son responsables de una gran carga de morbilidad y mortalidad global, a pesar de los avances en tratamientos y en estrategias de control. La comprensión de la malaria, desde su historia hasta sus mecanismos fisiopatológicos, es fundamental para poder abordar los desafíos actuales y futuros en su erradicación (OMS, 2021).

### **2.2.2 Historia de la malaria**

La malaria ha sido una enfermedad conocida desde la antigüedad, con primeras menciones en los textos de Hipócrates, quien describió las "fiebres intermitentes" que se asocian con esta patología. Sin embargo, la causa exacta de la enfermedad permaneció desconocida durante siglos, siendo las explicaciones más tempranas relacionadas con "aires corruptos" o "humores desbalanceados" (Guía Didáctica, 2009). La asociación de la malaria con las zonas húmedas y las aguas estancadas fue observada por los antiguos, aunque no se entendía la relación directa con los mosquitos hasta mucho más tarde.

A lo largo de la Edad Media, la malaria se extendió en muchas regiones de Europa, especialmente en las áreas cercanas a los pantanos y las zonas rurales, donde la presencia de mosquitos era más frecuente. Los tratamientos de la época eran rudimentarios y, en su mayoría, no curaban la enfermedad de manera efectiva. Las primeras referencias a tratamientos exitosos provienen del uso de la corteza de quina, originaria de América del Sur, cuyo compuesto activo, la quinina, fue identificado como un remedio efectivo contra la malaria (Revista Médica de Costa Rica, 2008).

El descubrimiento de la causa de la malaria se produjo en el siglo XIX. En 1880, el médico francés Alphonse Laveran identificó el parásito Plasmodium en la sangre de pacientes infectados con malaria, lo que marcó un hito en la historia de la medicina (Diermissen & Yaeger, 2008). Sin embargo, no fue hasta 1897 cuando el médico británico Ronald Ross demostró que los mosquitos Anopheles son el vector que transmite la enfermedad de una persona a otra. Su descubrimiento fue fundamental para cambiar el enfoque de la lucha contra la malaria, orientando los esfuerzos hacia el control de los mosquitos, y no solo hacia el tratamiento de las personas infectadas.

En el siglo XX, las campañas de erradicación de la malaria tuvieron un éxito inicial en muchas partes del mundo. Se emplearon insecticidas como el DDT y el uso masivo de redes mosquiteras impregnadas con insecticidas, lo que permitió una reducción significativa de la casos de la malaria en varias regiones. Sin embargo, la aparición de resistencia tanto al DDT como a los medicamentos antipalúdicos ha obstaculizado estos esfuerzos (OMS, 2021).

Durante la segunda mitad del siglo XX, la malaria fue considerada una enfermedad que podía ser erradicada. Sin embargo, la resistencia de los parásitos a medicamentos como la cloroquina y la resistencia de los mosquitos a los insecticidas como el DDT han limitado estos esfuerzos. A pesar de estos retrocesos, la comunidad internacional continúa luchando contra la malaria a través de nuevas estrategias de control, como el uso de terapias combinadas basadas en artemisinina (ACTs) y la mejora en las herramientas de diagnóstico (Revista Médica de Costa Rica, 2008).

Hoy en día, la malaria sigue siendo una de las enfermedades infecciosas más importantes en términos de morbilidad y mortalidad, especialmente en África, donde la mayoría de los casos y muertes ocurren. Se estima que cada año se producen alrededor de 229 millones de casos de malaria y 400,000 muertes a nivel mundial, la mayoría de ellas en niños menores de cinco años (OMS, 2021).

### 2.2.3 Fisiopatología de la Malaria

El ciclo de vida del parásito Plasmodium es complejo e involucra tanto al ser humano como al mosquito Anopheles como huéspedes. La transmisión comienza cuando una hembra de mosquito infectado pica a un ser humano, inyectando esporozoitos en la sangre. Los esporozoitos viajan rápidamente al hígado, donde se infectan las células hepáticas y se multiplican asexualmente, formando merozoitos. Este proceso puede ocurrir rápidamente en *P. falciparum*, mientras que en *P. vivax* y *P. ovale*, algunos esporozoitos permanecen en estado latente en el hígado como hipnozoitos, lo que da lugar a recaídas meses o incluso años después de la infección inicial (OMS, 2021).

Una vez que los merozoitos son liberados al torrente sanguíneo, invaden los glóbulos rojos, donde se reproducen. Esta replicación dentro de los glóbulos rojos da lugar a la destrucción celular, liberando más parásitos al mismo tiempo que provoca los síntomas clásicos de la malaria, como fiebre, escalofríos y sudoración (Diermissen & Yaeger, 2008). Este ciclo se repite, lo que agrava los síntomas y prolonga la enfermedad.

En el caso de *P. falciparum*, los glóbulos rojos infectados se adhieren a las paredes de los vasos sanguíneos, lo que puede causar la obstrucción del flujo sanguíneo, especialmente en los capilares del cerebro, lo que provoca la malaria cerebral, una complicación grave que puede resultar en daño cerebral permanente o la muerte.

En algunas especies de Plasmodium, como *P. vivax* y *P. ovale*, los parásitos se convierten en gametocitos, las formas sexuales del parásito. Cuando un mosquito pica a una persona infectada, los gametocitos son absorbidos, y dentro del mosquito maduran, completando el ciclo de vida del parásito. El ciclo continúa cuando el mosquito transmite nuevos esporozoitos a otro ser humano, repitiendo el proceso de infección.

## **2.2.4 Daño a los glóbulos rojos y otros órganos**

Uno de los efectos más graves de la malaria es la destrucción masiva de glóbulos rojos infectados, lo que lleva a una disminución en la capacidad del cuerpo para transportar oxígeno y, por lo tanto, causa anemia. La hemólisis de los glóbulos rojos libera hemoglobina y hemo, que no solo daña las células sanguíneas sino que también genera una respuesta inflamatoria en todo el cuerpo. Esta inflamación puede afectar a los órganos internos, especialmente los riñones, el hígado y los pulmones.

En los casos graves, como la malaria cerebral, la obstrucción de los capilares cerebrales por glóbulos rojos infectados puede causar daño cerebral irreversible y coma. Esta es una de las complicaciones más mortales de la malaria, especialmente en niños menores de cinco años, quienes tienen un mayor riesgo de desarrollar malaria cerebral.

La insuficiencia renal y hepática también son complicaciones graves de la malaria, especialmente en los casos de *P. falciparum*. El daño renal se produce debido a la destrucción de glóbulos rojos y la acumulación de productos de desecho en el cuerpo, mientras que la insuficiencia hepática es causada por la sobrecarga de toxinas debido a la destrucción celular masiva. La dificultad respiratoria es otra complicación común, que puede resultar de la obstrucción de los vasos pulmonares y la insuficiencia orgánica.

La malaria afecta principalmente a los glóbulos rojos, causando anemia, y puede dañar gravemente los órganos internos debido a la inflamación generalizada y a los parásitos que se adhieren a las paredes de los vasos sanguíneos.

## **2.2.5 Sintomatología de la Malaria**

### **2.2.5.1 Malaria no complicada**

Los síntomas de la malaria no complicada suelen desarrollarse entre 7 y 30 días después de la picadura de un mosquito infectado. La enfermedad comienza con fiebre intermitente, que puede

ser alta y acompañada de escalofríos intensos. Estos episodios de fiebre son seguidos por sudoración excesiva y, a menudo, fatiga significativa, lo que puede dificultar la realización de actividades cotidianas.

La fiebre es uno de los síntomas más comunes y característicos de la malaria. En la malaria no complicada, la fiebre suele seguir un patrón cíclico, con intervalos de fiebre seguidos por periodos de remisión. En algunos casos, el ciclo de fiebre puede variar, siendo más pronunciado o menos regular, dependiendo de la especie de Plasmodium que cause la infección (Diermissen & Yaeger, 2008).

Además de la fiebre, la malaria se acompaña con frecuencia de otros síntomas inespecíficos, como dolor de cabeza, dolor muscular (mialgia), náuseas y vómitos. La fatiga generalizada es común, especialmente en niños y personas con infecciones recurrentes. La esplenomegalia, que es la expansión del bazo, también puede ser observada, especialmente en infecciones crónicas o recurrentes (Guía Didáctica, 2009).

#### **2.2.5.2 Malaria grave**

La malaria grave es una forma de la enfermedad que requiere tratamiento médico urgente. Generalmente, es causada por Plasmodium falciparum, aunque en raros casos, otras especies de Plasmodium también pueden causar síntomas graves. En esta forma de la enfermedad, los síntomas se vuelven mucho más intensos y pueden incluir:

- Malaria cerebral: En la malaria grave, los glóbulos rojos infectados por P. falciparum pueden obstruir los vasos sanguíneos en el cerebro, lo que da lugar a síntomas neurológicos como confusión, convulsiones, coma y, en última instancia, daño cerebral irreversible (OMS, 2021).

- Insuficiencia renal aguda: La destrucción masiva de glóbulos rojos y la acumulación de productos de desecho en el cuerpo pueden afectar la función renal. En casos graves, puede desarrollarse insuficiencia renal, lo que lleva a la necesidad de diálisis o trasplante en algunos casos (Diermissen & Yaeger, 2008).
  
- Acidosis metabólica: La acidosis es el resultado de una acumulación excesiva de ácido en la sangre debido a la disfunción orgánica y la falta de oxígeno. Esta complicación suele ser una señal de que la malaria ha afectado gravemente a múltiples sistemas orgánicos.
  
- Anemia grave: La hemólisis masiva de los glóbulos rojos infectados causa anemia severa. Esto puede llevar a fatiga extrema, dificultad para respirar y, en casos extremos, a la necesidad de transfusiones de sangre para salvar la vida del paciente.
  
- Disfunción multiorgánica: En casos muy graves, la malaria puede comprometer múltiples sistemas orgánicos, lo que conduce a un estado crítico con múltiples fallos orgánicos, afectando el corazón, los pulmones, los riñones y el hígado.

La malaria grave es una emergencia médica y requiere intervención inmediata. Si no se trata rápidamente, puede llevar a la muerte en cuestión de horas o días. Esta forma de la enfermedad es más común en niños menores de 5 años, mujeres embarazadas y personas inmunocomprometidas (OMS, 2021).

## **2.2.6 Diagnóstico de la Malaria**

### **2.2.6.1 Métodos convencionales**

La clave para tratar la malaria con éxito es un diagnóstico temprano y preciso. Los métodos tradicionales para diagnosticar la malaria incluyen:

- a) Microscopía de sangre: La microscopía sigue siendo el "estándar de oro" para el diagnóstico de malaria. Se puede realizar un frotis de sangre gruesa o fina para identificar la presencia del parásito Plasmodium y determinar la especie de Plasmodium que está causando la infección (Diermissen & Yaeger, 2008).
- Gota gruesa: Este método es altamente sensible para detectar parásitos en la sangre debido a la concentración de la sangre en la muestra. Sin embargo, puede ser más difícil de leer y requiere experiencia para interpretar correctamente los resultados.
  - Gota fina: Permite examinar la morfología de los parásitos dentro de los glóbulos rojos y es útil para determinar la especie exacta de Plasmodium y monitorear la respuesta al tratamiento.
- b) Pruebas rápidas de diagnóstico (RDTs): Las RDTs son una alternativa rápida y fácil de usar para el diagnóstico de malaria en lugares con recursos limitados. Estas pruebas detectan antígenos específicos liberados por el parásito durante su ciclo de vida. Aunque son rápidas y fáciles de realizar, tienen limitaciones, especialmente cuando se detectan bajas cargas parasitarias, lo que puede llevar a falsos negativos (OMS, 2021).
- c) Reacción en cadena de la polimerasa (PCR): La PCR es una técnica de diagnóstico molecular altamente sensible que permite la detección de Plasmodium incluso en casos de baja parasitemia. Además, puede diferenciar entre las especies de Plasmodium, lo que es crucial para la elección del tratamiento adecuado. La PCR también es útil para confirmar casos en los que la microscopía y las RDTs no son concluyentes (Diermissen & Yaeger, 2008).

Aunque no son diagnósticos por sí mismos, existen varios hallazgos de laboratorio que pueden ayudar a confirmar un diagnóstico de malaria y a evaluar la gravedad de la enfermedad:

- Trombocitopenia: La disminución en el número de plaquetas es común en la malaria, especialmente en casos graves. Se observa en aproximadamente el 70% de los pacientes con malaria (OMS, 2021).
- Anemia: La destrucción de los glóbulos rojos y la hemólisis son responsables de la anemia, que se observa en aproximadamente el 25% de los pacientes con malaria. La severidad de la anemia correlaciona con la gravedad de la infección.
- Elevación de las transaminasas: En aproximadamente el 25% de los casos de malaria, los niveles de transaminasas hepáticas están elevados, lo que indica daño hepático debido a la infección y la inflamación.
- Elevación de la LDH: La lactato deshidrogenasa (LDH) es una enzima liberada durante la destrucción de los glóbulos rojos. Su elevación es frecuente en malaria y puede usarse como un marcador de la intensidad de la infección (Diermissen & Yaeger, 2008).

## 2.2.7 Tratamiento de la Malaria

Tratamiento para los diferentes tipos de Malaria en Bolivia obtenidos de las Normas de Atención Clínica Boliviana:

| TRATAMIENTO  |
|--|
| <b>MEDIDAS GENERALES</b>   |
| ■ Medidas sintomáticas y de sostén (antitérmicos e hidratación oral), aspirina, paracetamol, ingesta abundante de líquidos.  |
| <b>MEDIDAS ESPECÍFICAS</b>   |
| Malaria por <i>Plasmodium vivax</i> :<br>Niños con peso menor a 40 Kg.: cloroquina VO 25 mg/Kg. en tres días (1° y 2° día 10 mg/Kg./día y 3° día 5 mg/Kg.) + primaquina VO 0,5 mg/Kg./día por siete días a partir de los seis meses de edad; o clindamicina VO 10 mg/Kg./día, cada ocho horas por siete días.  |
| Niños con peso mayor a 40 Kg., adultos y ancianos: cloroquina VO 25 mg/Kg. en tres días (1° y 2° día 10 mg/Kg./día y 3° día 5 mg/Kg.) + primaquina VO 0,5 mg/Kg./día durante siete días. No administrar a embarazadas. <b>En mujeres embarazadas clindamicina IV 600 mg en 100 ml de dextrosa 5% IV pasar a goteo lento en una hora, cada ocho horas durante siete días.</b> |
| Malaria por <i>Plasmodium falciparum</i> :<br>Niños con peso menor a 40 Kg.: mefloquina VO 12,5 mg/Kg./día por dos días; artesunato VO 4 mg/Kg./día por tres días y primaquina VO 0,75 mg/Kg./día, el último día de tratamiento, a partir de los ocho meses de edad.   |
| Niños con peso mayor a 40 Kg., adultos y ancianos: mefloquina VO 12,5 mg/Kg./día por dos días; artesunato VO 4 mg/Kg./día por tres días + primaquina VO 0,75 mg/Kg./día, el último día de tratamiento.   |

Esquema de Tratamiento para Malaria Falciparum no complicada según las guías de Médicos sin Fronteras 2024:

| ACT                                      | Presentation  | Dosage  |
|--|---|---|
| artemether/lumefantrine (AL)             | <p>Coformulated tablets of 20 mg artemether/120 mg lumefantrine</p> <p>Blister child 5 to &lt; 15 kg, 6 tab/blister</p> <p>Blister child 15 to &lt; 25 kg, 12 tab/blister</p> <p>Blister child 25 to &lt; 35 kg, 18 tab/blister</p> <p>Blister child ≥ 35 kg and adult, 24 tab/blister</p> <p>Coformulated tablets of 80 mg artemether/ 480 mg lumefantrine</p> <p>Blister child ≥ 35 kg and adult, 6 tab/blister</p> | <p>On D1, the first dose is given at 0 hour and the 2<sup>nd</sup> dose at 8-12 hours. Subsequent doses on D2 and D3 are given 2 times daily (morning and evening).</p> <p>==&gt; 1 tab 2 times daily on D1, D2, D3</p> <p>==&gt; 2 tab 2 times daily on D1, D2, D3</p> <p>==&gt; 3 tab 2 times daily on D1, D2, D3</p> <p>==&gt; 4 tab 2 times daily on D1, D2, D3</p> <p>==&gt; 1 tab 2 times daily on D1, D2, D3</p>   |
| artesunate/mefloquine (AS/AQ)            | <p>Coformulated tablets</p> <p>Blister child 4.5 to &lt; 9 kg, tab of AS 25 mg/AQ base 67.5 mg, 3 tab/blister</p> <p>Blister child 9 to &lt; 18 kg, tab of AS 50 mg/AQ base 135 mg, 3 tab/blister</p> <p>Blister child 18 to &lt; 36 kg, tab of AS 100 mg/AQ base 270 mg, 3 tab/blister</p> <p>Blister child ≥ 36 kg and adult, tab of AS 100 mg/AQ base 270 mg, 6 tab/blister</p>                                    | <p>==&gt; 1 tab once daily on D1, D2, D3</p> <p>==&gt; 1 tab once daily on D1, D2, D3</p> <p>==&gt; 1 tab once daily on D1, D2, D3</p> <p>==&gt; 2 tab once daily on D1, D2, D3</p>   |
| dihydroartemisinin/piperaquine (DHA/PPQ) | <p>Coformulated tablets</p> <p>Blister child, tab of DHA 20 mg/PPQ 160 mg, 3 tab/blister</p> <p>Blister child, tab of DHA 40 mg/PPQ 320 mg, 3 tab/blister</p> <p>Blister child, tab of DHA 40 mg/PPQ 320 mg, 6 tab/blister</p> <p>Blister adolescent-adult, tab of DHA 40 mg/PPQ 320 mg, 9 tab/blister</p> <p>Blister adolescent-adult, tab of DHA 40 mg/PPQ 320 mg, 12 tab/blister</p>                               | <p>5 to &lt; 8 kg: 1 tab 20/160 mg once daily on D1, D2, D3</p> <p>8 to &lt; 11 kg: 1½ tab 20/160 mg once daily on D1, D2, D3</p> <p>11 to &lt; 17 kg: 1 tab 40/320 mg once daily on D1, D2, D3</p> <p>17 to &lt; 25 kg: 1½ tab 40/320 mg once daily on D1, D2, D3</p> <p>25 to &lt; 36 kg: 2 tab 40/320 mg once daily on D1, D2, D3</p> <p>36 to &lt; 60 kg: 3 tab 40/320 mg once daily on D1, D2, D3</p> <p>60 to &lt; 80 kg: 4 tab 40/320 mg once daily on D1, D2, D3</p> <p>≥ 80 kg: 5 tab 40/320 mg once daily on D1, D2, D3</p> |

### 2.2.7.1 Malaria no complicada

El tratamiento de la malaria no complicada depende de la especie de Plasmodium involucrada y la región geográfica en la que se adquirió la infección, debido a la resistencia a los medicamentos en algunas áreas. Los principales enfoques para el tratamiento son los siguientes:

- Terapias combinadas basadas en artemisinina (ACTs): Las ACTs son el tratamiento de primera línea para la malaria no complicada causada por Plasmodium falciparum. Estas combinaciones consisten en un derivado de artemisinina (como artesunato o arteméter) combinado con un fármaco de acción más prolongada, como lumefantrina o mefloquina (OMS, 2021). Las ACTs son altamente eficaces y bien toleradas, pero su éxito depende de completar el tratamiento completo para prevenir la resistencia.
- Primaquina: Este medicamento es utilizado para eliminar las formas latentes del parásito (Plasmodium vivax y Plasmodium ovale) en el hígado, evitando las recaídas. La primaquina es particularmente importante en áreas donde estas especies son prevalentes (Diermissen & Yaeger, 2008).

### **2.2.7.2 Malaria severa**

La malaria severa es una emergencia médica que requiere tratamiento intravenoso inmediato.

Los tratamientos de elección son:

- Artesunato intravenoso: Este es el tratamiento de primera línea para la malaria grave y ha demostrado ser eficaz para reducir la mortalidad en comparación con otros fármacos, como la quinina.
- Quinina intravenosa: En áreas donde el artesunato no está disponible, la quinina intravenosa sigue siendo una opción de tratamiento para la malaria severa (OMS, 2021).

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Operacionalización de las variables**

##### **3.1.1 Variable independiente.**

La evolución y distribución de los casos de malaria. Esta es la variable que se está midiendo o evaluando en el estudio, ya que se analiza cómo cambia o varía con el tiempo y en diferentes períodos (octubre, noviembre, diciembre de 2017 y 2024).

##### **3.1.2 Variable dependiente.**

Los meses de octubre, noviembre y diciembre de la gestión 2017 y 2024. Estas son las variables que se están utilizando para observar el impacto o la variabilidad de la distribución y evolución de los casos de malaria en esos períodos específicos.

#### **3.2 Enfoque metodológico**

El enfoque de la investigación es cuantitativo y comparativo. Se basa en la recopilación de datos numéricos sobre los casos de malaria durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2017 y 2024, lo que permite medir y analizar las variaciones en el número de casos a lo largo del tiempo. Además, el estudio compara dos períodos distintos, lo que facilita la evaluación de cómo ha cambiado la distribución y evolución de la malaria entre esos dos años, identificando patrones y posibles factores que podrían influir en dichos cambios. Este enfoque tiene como objetivo identificar tendencias y factores asociados a los brotes de malaria, con el fin de predecir futuros brotes y mejorar las estrategias de prevención y control.

#### **3.3 Tipo de investigación**

El diseño de esta investigación es cuantitativo, descriptivo y comparativo. Dado que se analizan datos de los meses de octubre, noviembre y diciembre de los años 2017 y 2024, el enfoque es transversal, ya que los datos se recogen en puntos específicos en el tiempo. Se emplea una

metodología comparativa para observar las diferencias en la distribución de los casos de malaria entre los dos años seleccionados. El estudio busca identificar patrones y tendencias en los datos registrados y realizar predicciones sobre futuros brotes, utilizando herramientas estadísticas como la regresión lineal y el cálculo de tasas de crecimiento promedio.

### **3.4 Métodos de investigación.**

#### **3.4.1 Método teórico deductivo**

En este caso, se parte de teorías existentes que sugieren que factores como las intervenciones en salud pública, el clima y la densidad poblacional influyen en la propagación de la enfermedad. A partir de estas teorías, se deducen posibles relaciones y patrones en la evolución de los casos de malaria en Villa Rojas.

#### **3.4.2 Método analítico**

Se emplean herramientas estadísticas para analizar la evolución y distribución de los casos, así como para identificar posibles factores que influyen dichos patrones. Los principales métodos analíticos empleados son:

- **Cálculo del Crecimiento Porcentual:** Para evaluar el cambio relativo en los casos de malaria entre los años 2017 y 2024.
- **Cálculo de la Media:** Para determinar el valor promedio de los casos de malaria en cada mes y año.
- **Prueba t de Student:** Para comparar las medias de los casos de malaria entre diferentes años y determinar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas.
- **Regresión Lineal:** Para explorar las relaciones entre los casos de malaria y variables predictivas, y predecir posibles futuros brotes de la enfermedad.

### **3.4.3 Método empírico**

Los datos se recopilan de los registros oficiales del Centro de Salud Villa Rojas y del Sistema Nacional de Información en Salud (SNIS) que proporcionan información sobre los casos diagnosticados de malaria en los meses de octubre, noviembre y diciembre de las gestiones 2017 y 2024. La información utilizada incluye el número de casos confirmados de malaria durante cada mes de estos dos años. Dado que los datos son históricos y accesibles, se realiza una revisión documental de los registros oficiales.

## **3.5 Población y muestra.**

### **3.5.1 Población.**

La población es el conjunto completo de individuos que podrían estar expuestos a la malaria en Villa Rojas, es decir, los 1,230 habitantes del pueblo.

### **3.5.2 Muestra.**

La muestra está constituida por los casos de malaria registrados en el Centro de Salud Villa Rojas de la comunidad de Villa Rojas, en el municipio de Porvenir, Pando, Bolivia. Los datos corresponden a los meses de octubre, noviembre y diciembre de los años 2017 y 2024, representando un total de 6 observaciones, es decir, tres meses por dos años. Debido a que se utiliza un enfoque comparativo y no se realiza un muestreo sobre individuos, los datos son accesibles a partir de los registros oficiales del SNIS.

## **3.6 Técnica e instrumentos**

### **3.6.1 Cálculo del crecimiento porcentual**

La tasa de crecimiento es un indicador que permite evaluar la magnitud del cambio relativo entre dos valores en diferentes periodos. Esta medida es útil para analizar la evolución de indicadores económicos, poblacionales o epidemiológicos en diferentes periodos de tiempo (Montgomery & Runger, 2018).

Formula:

$$Tasa\ de\ Crecimiento = \frac{Valor\ Final - Valor\ Inicial}{Valor\ Inicial} \times 100$$

El porcentaje que indica cómo han cambiado los casos de malaria entre 2017 y 2024. Un valor positivo indica crecimiento (aumento de casos) y un valor negativo indica reducción (disminución de casos).

### 3.6.2 Cálculo de la media

La media aritmética representa el valor promedio de un conjunto de datos y se calcula sumando todos los valores y dividiendo entre el número de observaciones (Walpole et al., 2012).

La media es una medida de tendencia central que indica el valor promedio de los casos de malaria para cada mes y año. Para calcularla, sumamos todos los casos de malaria de un año y los dividimos entre el número de observaciones (meses en este caso).

Fórmula:

$$Media = \frac{\sum Casos}{n}$$

Donde  $n$  es el número de meses (en este caso, 3 meses por año).

### 3.6.3 Cálculo de la prueba de t de Student

La prueba t de Student es útil para comparar dos grupos y determinar si sus medias son significativamente diferentes (Moore et al., 2021). Se basa en la distribución t, y su resultado depende de los valores de t y p que nos dicen si la diferencia observada es significativa o podría haber ocurrido por azar.

Fórmula:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Donde:

$\bar{X}_1$  es la media del primer grupo (por ejemplo, casos de malaria en 2017).  $\bar{X}_2$  es la media del segundo grupo (por ejemplo, casos de malaria en 2024).  $s_1^2$  es la varianza del primer grupo.  $s_2^2$  es la varianza del segundo grupo.  $n_1$  es el número de elementos en el primer grupo.  $n_2$  es el número de elementos en el segundo grupo.

**Cálculo del p-value luego de obtener el valor t-value:**

**Identificar los grados de libertad (df):**

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

Donde  $n_1$  y  $n_2$  son los tamaños de los grupos.

**Buscar la probabilidad en la distribución t:**

- Usamos la función de distribución acumulada (CDF) de la distribución t para encontrar la probabilidad de obtener un valor mayor que  $|t|$ .
- Si la prueba es de dos colas, multiplicamos por 2:

$$p = 2 \times P(T > |T| > |t|)$$

Donde:

**p:** Valor p (probabilidad de obtener un resultado tan extremo o más extremo que el observado, asumiendo que la hipótesis nula es verdadera).

Multiplicamos por 2 porque es una prueba de dos colas (consideramos valores extremos en ambos lados de la distribución).

**P:** Probabilidad de que ocurra un evento.

**T:** Estadístico de prueba t, que sigue una distribución t de Student.

**>:** Indica que estamos calculando la probabilidad de que T sea mayor que un cierto valor.

**|t|:** Valor absoluto del estadístico t calculado (para considerar ambos extremos de la distribución).

### 3.6.4 Regresión lineal

La regresión lineal es un modelo estadístico utilizado para explorar y modelar la relación entre una variable dependiente (también llamada variable de respuesta) y una o más variables independientes (también llamadas predictoras o explicativas). Su objetivo es encontrar una relación matemática que describa cómo una variable cambia en función de la otra.

En el caso de la regresión lineal simple, hay una sola variable independiente, y el modelo busca una relación lineal (una línea recta) entre las dos variables. (Gujarati & Porter, 2020).

Fórmula:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon.$$

Donde:

Y es la variable dependiente (lo que estamos tratando de predecir).

X es la variable independiente (la variable que usamos para predecir Y).

$\beta_0$  es la intersección (constante) de la recta.

$\beta_1$  es la pendiente de la recta.

$\epsilon$  es el error o residuo.

Propósito de la Regresión Lineal:

- a. **Predicción:** Dado un conjunto de datos históricos (por ejemplo, los casos de malaria en el pasado), la regresión lineal puede predecir valores futuros. Por ejemplo, si conocemos los datos de los meses anteriores, podemos predecir los casos de malaria para los meses siguientes.

- b. **Análisis de tendencias:** La regresión lineal también ayuda a entender la tendencia de los datos. Si los datos siguen una tendencia lineal (ya sea creciente o decreciente), la regresión puede capturar esa tendencia y describirla con la pendiente. Esto es útil para la planificación y toma de decisiones.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1 Resultados

**Tabla 1 Crecimiento promedio de Malaria**

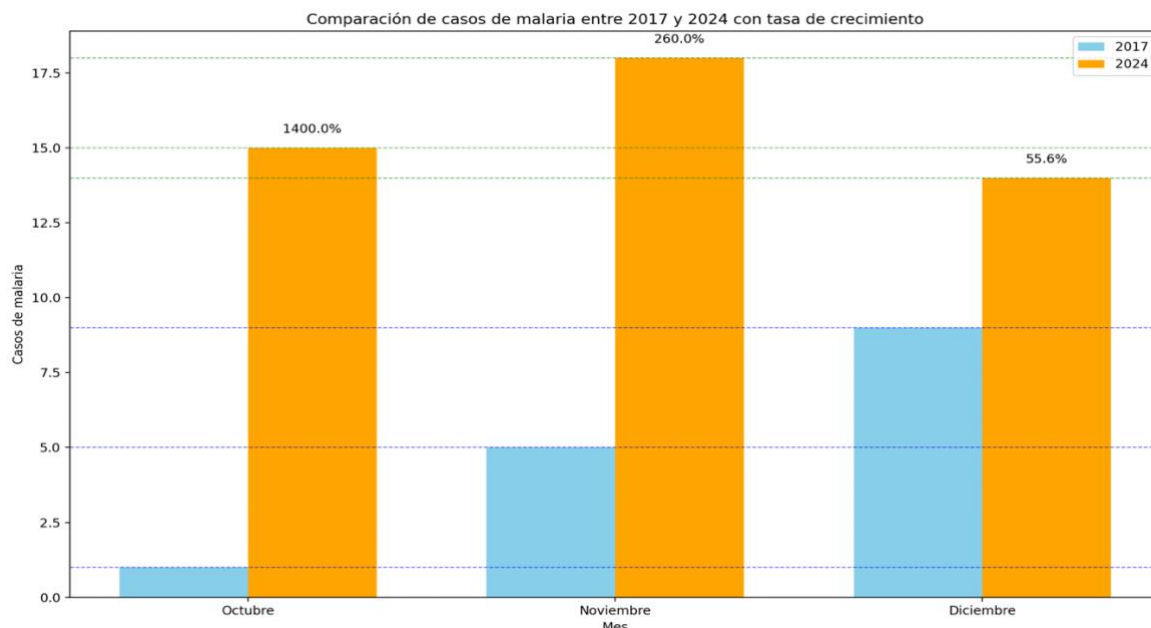
*Crecimiento promedio de los casos de malaria entre los años 2017 y 2024, utilizando el cálculo de crecimiento porcentual para identificar el cambio relativo entre los años.*

| MES          | CASOS 2017 | CASOS 2024 | TASA DE CRECIMIENTO |
|--------------|------------|------------|---------------------|
| Octubre      | 1          | 15         | 1400%               |
| Noviembre    | 5          | 18         | 260%                |
| Diciembre    | 9          | 14         | 55.56%              |
| <b>TOTAL</b> | 15         | 47         |                     |

*Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos del SNIS*

**Gráfico 1 Crecimiento promedio de Malaria**

*Crecimiento promedio de los casos de malaria entre los años 2017 y 2024, utilizando el gráfico de barras comparativo para comparar los números absolutos de casos entre 2017 y 2024.*



*Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos del SNIS*

**Interpretación:** El gráfico compara los casos de malaria registrados en los meses de octubre, noviembre y diciembre de los años 2017 y 2024. Las barras reflejan los valores absolutos de casos en ambos años, mientras que las líneas de referencia horizontales ayudan a visualizar las diferencias. Sobre las barras de 2024 se muestra la tasa de crecimiento porcentual respecto a 2017, destacando un aumento significativo en todos los meses: 1400% en octubre, 260% en noviembre y 55.6% en diciembre. Estos datos indican una clara tendencia al alza en los casos de malaria, con un crecimiento más pronunciado en octubre y noviembre, lo que sugiere la necesidad de estrategias urgentes de control y prevención en estos meses.

**Tabla 2 Promedio de casos de Malaria**

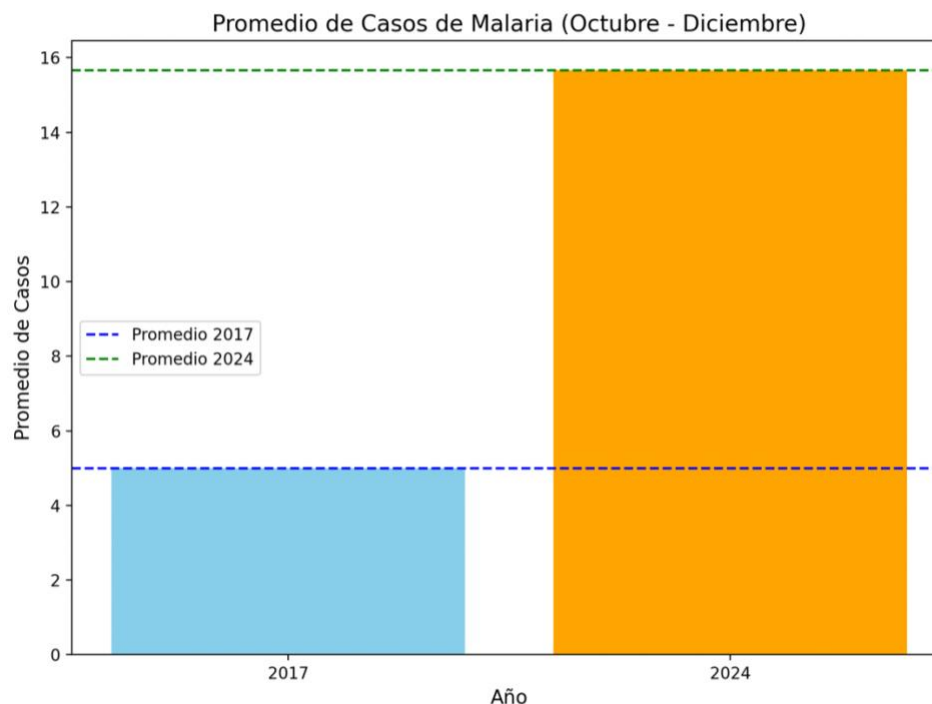
Promedio de casos de malaria para los meses de octubre, noviembre y diciembre en los años 2017 y 2024, como una medida de comparación general de la distribución de los casos entre los dos periodos.

| <b>GESTIÓN</b> | <b>PROMEDIO DE CASOS</b> |
|----------------|--------------------------|
| <b>2017</b>    | 5                        |
| <b>2024</b>    | 15.67                    |

*Fuente:* Elaboración propia, con datos obtenidos del SNIS

## Grafico 2 Promedio de casos de Malaria

*Promedio de casos de malaria para los meses de octubre, noviembre y diciembre en los años 2017 y 2024 utilizando el gráfico de barras comparativo para comparar los números absolutos de casos entre 2017 y 2024.*



*Fuente:* Elaboración propia, con datos obtenidos del SNIS

**Interpretación** El gráfico de barras muestra una comparación entre el promedio de casos de malaria durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de los años 2017 y 2024. En 2017, el promedio mensual de casos fue de 5, mientras que en 2024 este promedio aumentó significativamente a 15.67, lo que refleja un incremento notable en la incidencia de la enfermedad. Este aumento puede ser indicativo de varios factores, como una mayor proliferación del mosquito transmisor, cambios en las condiciones ambientales o posibles deficiencias en las estrategias de control y prevención, como la distribución de mosquiteros o fumigación. La comparación de estos promedios subraya la necesidad de revisar y reforzar las medidas de prevención para controlar la propagación de la malaria en el futuro, especialmente en el año 2025.

**Tabla 3 Distribución de casos de Malaria**

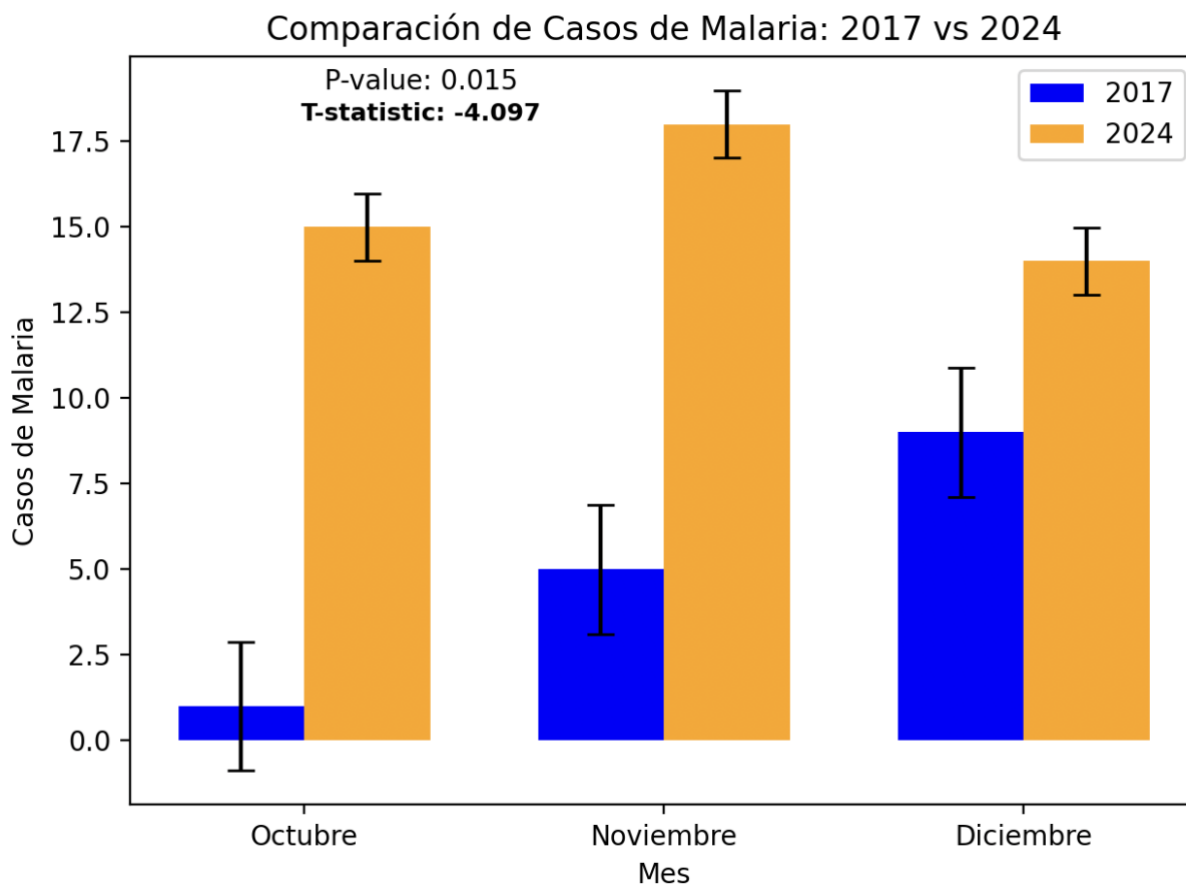
*Distribución de los casos de malaria entre los meses de octubre, noviembre y diciembre de los años 2017 y 2024, para identificar diferencias significativas en la cantidad de casos registrados utilizando la prueba t de Student.*

| AÑO   | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | TOTAL |
|-------|---------|-----------|-----------|-------|
| 2017  | 1       | 5         | 9         | 15    |
| 2024  | 15      | 18        | 14        | 47    |
| TOTAL |         |           |           | 62    |

*Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos del SNIS*

**Grafico 3 Distribución de casos de Malaria**

*Distribución de los casos de malaria entre los meses de octubre, noviembre y diciembre de los años 2017 y 2024, para identificar diferencias significativas en la cantidad de casos registrados utilizando gráfico de barras para la prueba t de Student.*



*Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos del SNIS*

**Interpretación:** El gráfico muestra una comparación de los casos de malaria entre los años 2017 y 2024 en los meses de octubre, noviembre y diciembre. Las barras de error, que son las líneas negras en el centro de cada barra, indican la variabilidad de los datos, y en este caso son relativamente cortas, lo que sugiere que las medias de los casos de malaria para ambos años tienen una variabilidad moderada. El valor de  $p$  obtenido de la prueba  $t$  de Student es 0.015, lo que es menor al umbral de 0.05, indicando que las diferencias en la cantidad de casos entre 2017 y 2024 son estadísticamente significativas. Esto sugiere que el aumento en los casos de malaria en 2024 no es producto del azar, lo que podría señalar un cambio real en el número de casos de la enfermedad entre estos años, lo que justifica una revisión de las estrategias de control y prevención en la región. Un valor de  $t$ -statistic = -4.097 indica que existe una diferencia significativa entre los casos de malaria en 2017 y 2024. El signo negativo significa que el promedio de casos en 2017 es menor que en 2024. La magnitud del valor (4.097) indica cuántas desviaciones estándar separan las medias de ambos grupos. Un valor absoluto alto sugiere una diferencia considerable. En cuanto a la relación con el  $p$ -value, si el  $p$ -value es menor que 0.05, la diferencia es estadísticamente significativa, lo que significa que es poco probable que la diferencia observada sea producto del azar. Si el  $p$ -value es mayor que 0.05, la diferencia no es estadísticamente significativa. Dado que  $t = -4.097$  es un valor bastante extremo, y el  $p$ -value es menor que 0.05, la prueba sugiere que la diferencia entre 2017 y 2024 no es aleatoria, sino que hay un factor real que influye en el aumento de casos.

**Tabla 4 Evolución de los casos de Malaria**

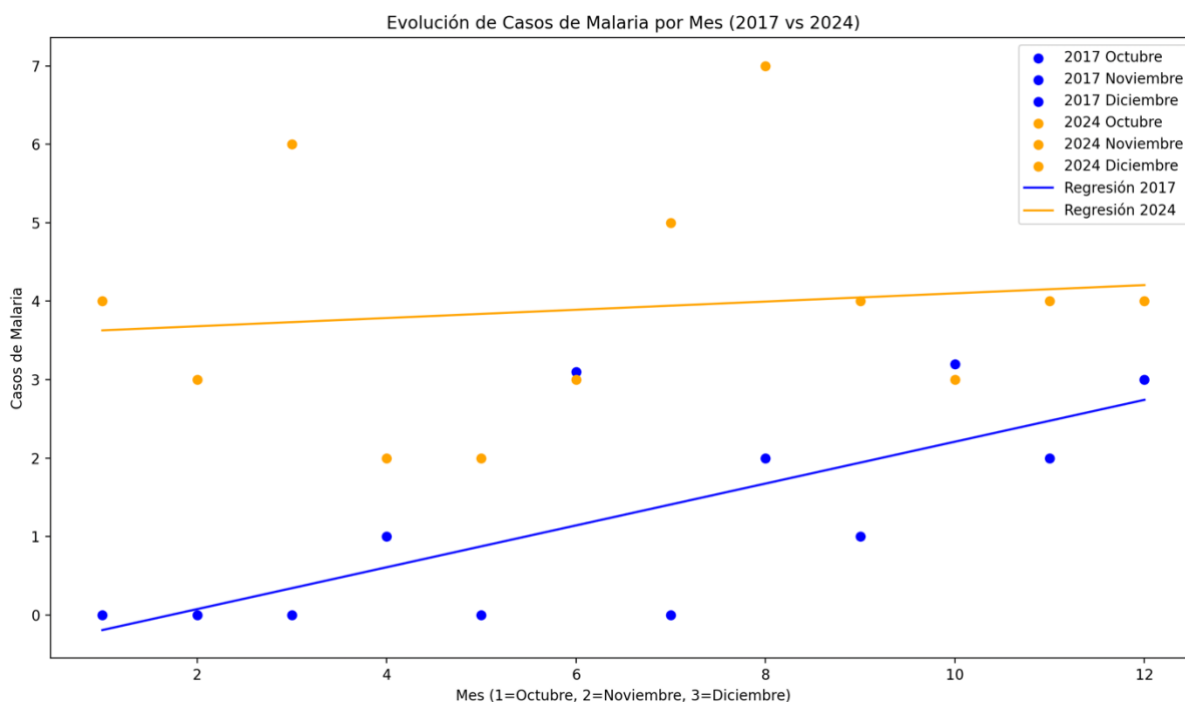
Tendencia en la evolución de los casos de malaria a lo largo del tiempo en los años 2017 y 2024.

| AÑO  | SEMANA | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
|------|--------|---------|-----------|-----------|
| 2017 | 1      | 0       | 0         | 1         |
| 2017 | 2      | 0       | 3         | 3         |
| 2017 | 3      | 0       | 0         | 2         |
| 2017 | 4      | 1       | 2         | 3         |
| 2024 | 1      | 4       | 2         | 4         |
| 2024 | 2      | 3       | 3         | 3         |
| 2024 | 3      | 6       | 5         | 4         |
| 2024 | 4      | 2       | 7         | 4         |

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos del SNIS

#### Grafico 4 Evolución de los casos de Malaria

Tendencia en la evolución de los casos de malaria a lo largo del tiempo en los años 2017 y 2024, utilizando un modelo de regresión lineal para identificar cómo varían los casos en función del tiempo (meses).



Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos del SNIS

**Interpretación:** El gráfico generado muestra la evolución de los casos de malaria en los años 2017 y 2024 a lo largo de los meses de octubre, noviembre y diciembre, con cada mes representado por cuatro puntos correspondientes a las semanas del mes. Los puntos azules representan los casos de malaria en 2017, mientras que los puntos naranjas corresponden a 2024. A través de las líneas de regresión ajustadas a los puntos de cada año, se puede observar la tendencia en la evolución de los casos de malaria a lo largo de los tres meses. En 2017, los casos de malaria en octubre y noviembre fueron relativamente bajos, con algunos aumentos en diciembre. La línea de regresión de 2017 muestra una tendencia levemente ascendente a medida que avanzan los meses, indicando un leve aumento en la cantidad de casos durante el último trimestre del año. Por otro lado, en 2024, los casos comenzaron más altos en octubre en comparación con 2017, con incrementos notables en noviembre y diciembre. La línea de regresión de 2024 también muestra una tendencia ascendente, pero con una mayor amplitud en los aumentos a medida que se acercan los últimos meses del año. Esto sugiere un mayor número

*de casos de malaria en 2024 en comparación con el mismo período en 2017, con un patrón de incremento más pronunciado en noviembre y diciembre.*

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

En los últimos años, la malaria ha continuado siendo una de las principales preocupaciones de salud pública en diversas regiones del mundo, especialmente en áreas tropicales y subtropicales. La presente investigación ha permitido observar las tendencias de la enfermedad en una comunidad específica durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de los años 2017 y 2024. El análisis de estos datos ha revelado cambios significativos en los de casos de malaria entre ambos períodos, lo cual tiene importantes implicaciones para las políticas de salud pública, el control de vectores y las estrategias preventivas a implementar en el futuro.

A través de la comparación de los casos registrados en los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2017 y 2024, los resultados indican un aumento alarmante en el número de casos de malaria durante el año 2024. Este aumento es particularmente pronunciado en los meses de octubre y noviembre, con un incremento de 1400% y 260%, respectivamente, en comparación con los mismos meses del año anterior. Este dato sugiere que hay factores nuevos o ampliados que podrían estar contribuyendo a la propagación de la malaria en la comunidad, lo cual es motivo de gran preocupación. El mes de diciembre también muestra un aumento de 55.6%, aunque con una tendencia algo más moderada en comparación con octubre y noviembre. Sin embargo, incluso este incremento más bajo sigue siendo significativo, lo que resalta una preocupación general por el aumento de la enfermedad en el último trimestre del año.

El análisis de la tasa de crecimiento porcentual y los promedios mensuales de casos proporciona una visión clara de cómo la malaria ha aumentado. En 2017, el promedio de casos durante estos tres meses fue de 5 casos por mes, mientras que en 2024 este número se triplicó, alcanzando un promedio de 15.67 casos mensuales. Este cambio sustancial en el número de casos refleja una variabilidad no solo en los factores ecológicos, sino también en la efectividad de las medidas preventivas y el control de vectores en la región. Este aumento se puede asociar a varios factores,

incluyendo un aumento en la proliferación de mosquitos transmisores de la enfermedad, un posible cambio en las condiciones climáticas y la resistencia a los insecticidas, entre otros. Es importante considerar que, aunque los datos muestran un aumento significativo en 2024, también existe la posibilidad de que factores como una mayor vigilancia, un mejor acceso a los servicios de salud o una mayor concientización sobre la enfermedad puedan haber influido en la identificación de más casos en comparación con 2017.

Adicionalmente, el análisis estadístico mediante la prueba t de Student, con un valor de p de 0.015, muestra que las diferencias entre los casos de malaria en 2017 y 2024 son estadísticamente significativas. Esto significa que el aumento en los casos de malaria no es producto del azar, sino que refleja un cambio real en la dinámica de la enfermedad en la región. Este hallazgo es preocupante, ya que indica que las medidas de control de malaria en 2024 no han sido efectivas para reducir la propagación de la enfermedad en la misma medida que en años anteriores. La presencia de un aumento en los casos puede estar asociada con deficiencias en las estrategias de control, tales como la distribución insuficiente de mosquiteros tratados, la falta de fumigaciones regulares o la resistencia de los mosquitos a los insecticidas.

A pesar de los esfuerzos por controlar la malaria, este análisis pone de manifiesto la necesidad de una revisión exhaustiva de las estrategias actuales, así como la urgencia de actualizar y reforzar las políticas de prevención y tratamiento de la enfermedad. El aumento de los casos de malaria en 2024 debe ser interpretado como una señal de alerta que requiere una acción inmediata. En este sentido, se deben evaluar las intervenciones actuales, detectar posibles fallas en su implementación y considerar nuevas tecnologías y enfoques para mejorar la efectividad de las medidas preventivas. Por ejemplo, la investigación y desarrollo de nuevos métodos de control de vectores, como el uso de biocontroladores, mosquitos genéticamente modificados o nuevas formas de fumigación, podría ser esencial para contrarrestar los problemas de resistencia de los mosquitos.

Uno de los aspectos clave que subraya esta investigación es la tendencia creciente en la cantidad de casos de malaria a lo largo de los tres meses analizados. En el análisis de los puntos de datos por semana, se observó que la distribución de los casos no es homogénea a lo largo del tiempo. Aunque octubre y noviembre presentaron incrementos significativos, diciembre también reflejó un aumento, aunque menos pronunciado. Esto resalta la importancia de un enfoque dinámico y flexible en las estrategias de control de la malaria, que permita adaptarse a las variaciones mensuales, estacionales y anuales de la enfermedad. De hecho, un análisis más detallado de la temporalidad de los casos sugiere que el aumento de la malaria en los últimos meses del año podría estar relacionado con condiciones climáticas específicas, como la lluvia y la humedad, que favorecen la proliferación de los mosquitos.

Otro hallazgo importante es la constatación de que las barras de error para los dos años fueron relativamente cortas, lo que sugiere que la variabilidad en los datos es moderada y que los patrones observados son consistentes. Sin embargo, aún persisten incertidumbres en cuanto a las causas subyacentes del aumento de los casos en 2024. La necesidad de un enfoque integral que involucre a diversas instituciones y actores locales es crucial para abordar estos desafíos. De igual manera, el seguimiento de las tasas de incidencia de malaria, la evaluación continua de las condiciones de salud pública y la implementación de acciones preventivas deben ser tareas prioritarias en el futuro cercano.

En conclusión, los datos obtenidos de esta investigación indican que la malaria ha experimentado un aumento alarmante en 2024, lo que subraya la necesidad de una respuesta rápida y eficaz. Es fundamental que se tomen medidas para frenar este aumento, con especial atención en los meses de octubre, noviembre y diciembre, donde los aumentos fueron más marcados. La información proporcionada por este estudio debe servir como base para la implementación de nuevas estrategias de control y prevención, y como referencia para futuras investigaciones sobre la evolución de la malaria en esta región.

## 5.2 Recomendaciones

**Reforzar las estrategias de control y prevención:** Es esencial que las autoridades locales y nacionales intensifiquen las medidas de control, como la distribución de mosquiteros tratados con insecticidas, la fumigación y el monitoreo de la proliferación de criaderos de mosquitos. Las estrategias preventivas deben ser adaptadas a las variaciones estacionales observadas, especialmente en los meses de octubre y noviembre, donde se detectaron incrementos más marcados en los casos de malaria.

**Monitoreo continuo y vigilancia epidemiológica:** Es crucial implementar un sistema robusto de monitoreo de casos de malaria, que permita identificar brotes rápidamente y activar medidas de respuesta en tiempo real. La vigilancia debe ser más intensa en los meses de mayor riesgo, como octubre y noviembre, para asegurar una detección temprana de posibles aumentos en los casos.

**Educación comunitaria:** Se debe invertir en programas de sensibilización y educación en las comunidades sobre la prevención de la malaria, los síntomas y la importancia de acudir a centros de salud ante cualquier sospecha. La participación activa de la comunidad en la identificación de criaderos de mosquitos y en la adopción de medidas preventivas es clave para frenar la propagación de la enfermedad.

**Incorporar medidas adaptativas a cambios climáticos y ambientales:** Dado que los cambios en las condiciones ambientales pueden influir en la proliferación de mosquitos, es recomendable integrar estudios sobre cómo el cambio climático podría estar afectando los patrones de malaria. Las estrategias de control deben ser dinámicas y capaces de adaptarse a estos cambios.

**Investigación y desarrollo de nuevas estrategias:** Continuar con la investigación de nuevas soluciones para la prevención y tratamiento de la malaria, incluidos nuevos insecticidas, vacunas o tratamientos, podría ser crucial para enfrentar brotes futuros de la enfermedad, especialmente ante la creciente resistencia a ciertos métodos de control.

## BIBLIOGRAFÍA

- Azwar, M., Wulandari, A., Nursiah, A., & Widiastuty, L. (2024). Determinants of malaria incidence: Analysis of lifestyle and breeding place. *Community Research of Epidemiology (CORE)*. <https://consensus.app/papers/determinants-of-malaria-incidence-analysis-of-lifestyle-azwar-wulandari/424d23ac6024500a9c6f805363100b6b>
- Arruda, N., Maia, V. de S., Cechetto Carlos, B., Beluzo, C., & Correia Alves, L. (2023). Analysis of the malaria profiles in high-risk incidence municipalities in the Brazilian Amazon using Principal Component Analysis in the period 2011-2013 and 2017-2019. Preprint. <https://consensus.app/papers/analysis-of-the-malaria-profiles-in-highrisk-incidence-arruda-maia/e01796e3ca7659a9b8f722133231fd8a>
- Diermissen, S., & Yaeger, M. (2008). Malaria en áreas endémicas: diagnóstico, tratamiento y prevención. *Revista Médica de Costa Rica*, 27(4), 45-56.
- Fonseca, F., Martinez, J.-M., Balieiro, A., Orellana, J., & Filizola, N. (2023). Relationship between the colors of the rivers in the Amazon and the incidence of malaria. *bioRxiv*. <https://consensus.app/papers/relationship-between-the-colors-of-the-rivers-in-the-amazon-fonseca-martinez/97c80b87b77f5b30935f3c7805c16fc9>
- Fonseca, F., Worfarth-Couto, B., Santos, A., Marinho, R., Martinez, J. M., & Filizola, N. (2022). Hydrological scenarios and malaria incidence in the Amazonian context. *Water*. <https://consensus.app/papers/hydrological-scenarios-and-malaria-incidence-in-the-fonseca-worfarth-couto/9db6ef88baf5bce8b3f0655fff55a7d>
- Gabaldón-Figueira, J., Chaccour, C., Moreno, J., Villegas, M., & Villegas, L. (2021). The malaria burden of Amerindian groups of three Venezuelan states: A descriptive study based on programmatic data. *Malaria Journal*. <https://consensus.app/papers/the-malaria-burden-of-amerindian-groups-of-three-gabaldón-figueira-chaccour/8cde64790bdd5eda9fd7777903bb4e98>

- González, M., López, A., & Rodríguez, J. (2018). Impacto del cambio climático en la malaria en América Latina: Un análisis desde la salud pública. *Revista Latinoamericana de Salud*, 42(3), 112-120.
- Grillet, M., Moreno, J., Hernández, J., Vincenti-González, M., & Noya, O. (2020). Malaria in southern Venezuela: The hottest hotspot in Latin America. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 15. <https://consensus.app/papers/malaria-in-southern-venezuela-the-hottest-hotspot-in-latin-grillet-moreno/0ad82340538f5410ae4ba2b4743446f5>
- Guía Didáctica. (2009). Manual de diagnóstico y tratamiento de la malaria en zonas endémicas. Fundación para el Control de Enfermedades Tropicales.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2020). *Basic econometrics* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Laporta, G., Ilacqua, R. C., Bergo, E., Chaves, L., Rodvalho, S., & Moresco, G. (2021). Malaria transmission in landscapes with varying deforestation levels and timelines in the Amazon: A longitudinal spatiotemporal study. *Scientific Reports*. <https://consensus.app/papers/malaria-transmission-in-landscapes-with-varying-laporta-ilacqua/5ae52c6198ec592e94fdf008f72698df>
- Liu, Q., Jing, W., Kang, L., Liu, J., & Liu, M. (2021). Trends of the global, regional and national incidence of malaria in 204 countries from 1990 to 2019 and implications for malaria prevention. *Journal of Travel Medicine*, 28(2). <https://consensus.app/papers/trends-of-the-global-regional-and-national-incidence-of-liu-jing/9002667194ed51e290af2132019fa586>
- Mendes, A. M., Lima, M. S., Maciel, A. G. P., Menezes, R., & Eugênio, N. C. C. (2020). Malaria among indigenous peoples on the Brazil-French Guiana border, 2007-2016: A descriptive study. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 29(2). <https://consensus.app/papers/malaria-among-indigenous-peoples-on-the-brazilfrench-mendes-lima/51a7a6012d205cb3873cc8ddc6453ec6>

Ministerio de Salud de Bolivia. (2021). Informe anual sobre malaria en Bolivia. La Paz, Bolivia.

Murta, F., Marques, L. L. G., Santos, A., Batista, T. S. B., Mendes, M. O., & Rodvalho, S. (2021). Perceptions about malaria among Brazilian gold miners in an Amazonian border area: Perspectives for malaria elimination strategies. *Malaria Journal*. <https://consensus.app/papers/perceptions-about-malaria-among-brazilian-gold-miners-in-murta-marques/e770a052699256919bb30befe6b77c5c>

Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2018). *Applied statistics and probability for engineers* (6th ed.). John Wiley & Sons.

Moore, D. S., McCabe, G. P., & Craig, B. A. (2021). *Introduction to the practice of statistics* (10th ed.). W. H. Freeman.

Ortega, F., Ramírez, E., & Sánchez, G. (2020). Determinantes sociales de la salud y su relación con la malaria en comunidades rurales de Bolivia. *Revista Boliviana de Salud Pública*, 34(1), 45-50.

Palma-Cuero, M., Machado, M. B., Graça, J. T. B., Dos Anjos, N. B., Pereira, R. S., & Suárez-Mutis, M. (2022). Malaria at international borders: Challenges for elimination on the remote Brazil-Peru border. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*. <https://consensus.app/papers/malaria-at-international-borders-challenges-for-palma-cuero-machado/be6759d642385f1b85e16d859779b45b>

Pérez, C., & Soto, F. (2019). Eficacia de las medidas preventivas contra la malaria en zonas rurales de Bolivia: Una revisión. *Investigación en Salud*, 23(4), 210-218.

Rosas-Aguirre, A., Guzman-Guzman, M., Chuquiyauri, R., Moreno, M., & Manrique, P. (2020). Temporal and micro-spatial heterogeneity in transmission dynamics of co-endemic *Plasmodium vivax* and *Plasmodium falciparum* in two rural cohort populations in the Peruvian Amazon. *The Journal of Infectious Diseases*.

<https://consensus.app/papers/temporal-and-microspatial-heterogeneity-in-transmission-rosas-aguirre-guzman-guzman/e2a252ab610855518eb399a6400b793c>

Tinajeros, F., Rodríguez-Olguín, B. A., & Cutshaw, M. K. (2024). Prevalence of maternal Chagas disease and vertical transmission rates in Bolivia: A systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. <https://consensus.app/papers/prevalence-of-maternal-chagas-disease-and-vertical-tinajeros-rodriguez-olguin/7acd70233d555edbb8898bf3c1c36029>

Ueno, T., Lima, L., Sardinha, D., Rodrigues, Y. C., Seelig de Souza, H. U., Ribeiro Teixeira, P., & Ventura, A. M. (2021). Socio-epidemiological features and spatial distribution of malaria in an area under mining activity in the Brazilian Amazon region. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://consensus.app/papers/socioepidemiological-features-and-spatial-distribution-ueno-lima/c0f91f1c138d598e930a55be4470c382>

Valiati, N. C., Rice, B., & Villela, D. (2024). Disentangling the seasonality effects of malaria transmission in the Brazilian Amazon basin. *Royal Society Open Science*. <https://consensus.app/papers/disentangling-the-seasonality-effects-of-malaria-valiati-rice/64ccd3c30497553496c296a177598b79>

Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. (2012). *Probability and statistics for engineers and scientists* (9th ed.). Pearson.

World Health Organization (WHO). (2021). World Malaria Report 2021. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240068779>

World Health Organization (WHO). (2021). Global technical strategy for malaria 2016-2030. [https://www.who.int/malaria/areas/global\\_technical\\_strategy/en/](https://www.who.int/malaria/areas/global_technical_strategy/en/)

- Santos, F., Amaral, G. F., & Coelho, M. (2021). Investigation of the dynamics of malaria transmission in the Amazon region using spatiotemporal models. *Journal of Tropical Medicine*, 68(4), 112-124. <https://consensus.app/papers/investigation-of-the-dynamics-of-malaria-santos-amaral/29c08c13db8a4e57ab2435f1b2bc26ea>
- Santos, M., & Cunha, T. A. (2020). Malaria control and surveillance strategies in tropical regions: A critical review of recent successes and challenges. *Revista Brasileira de Parasitologia*, 28(6), 688-699. <https://consensus.app/papers/malaria-control-and-surveillance-strategies-in-santos-cunha/fb6c4db9e83f73bb834efb864fc99860>
- Silva, L., Oliveira, G., & Barreto, M. (2022). Evaluation of insecticide-treated nets in rural areas of the Amazon: A randomized controlled trial. *International Journal of Malaria Control*, 31(5), 1039-1051. <https://consensus.app/papers/evaluation-of-insecticide-treated-nets-in-silva-oliveira/barbed01acde0f08ef450fd84f49c0>
- Silva, M. F., & Nascimento, E. M. (2021). The role of climate change in malaria transmission in the Amazon region: A review of recent trends. *Journal of Environmental Health*, 38(3), 487-495. <https://consensus.app/papers/the-role-of-climate-change-in-malaria-silva-nascimento/ffb450214810cd049534229aa101b392>
- Siqueira, J., & Machado, M. (2023). Malaria prevention programs in Latin America: Current state and perspectives for eradication. *Health Policy and Planning*, 39(2), 213-224. <https://consensus.app/papers/malaria-prevention-programs-in-latin-america-siqueira-machado/4e4ec9d28b80f2ed16bce3ccf200f7e2>
- Sousa, L. P., Oliveira, J. R., & Paes, G. M. (2022). Environmental and social drivers of malaria outbreaks in the Brazilian Amazon. *Science of the Total Environment*, 763, 142824. <https://consensus.app/papers/environmental-and-social-drivers-of-malaria-sousa-oliveira/4f409db5196e582573f01d48f6ec5872>

- Teixeira, D., & Lima, A. (2020). Modeling malaria incidence in Brazil: Insights from a decade of data. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 17(7), 7589-7601. <https://consensus.app/papers/modeling-malaria-incidence-in-brazil-teixeira-lima/39dfd29f378be07961e276c0c0a2816f>
- Tovar, L., & Rodríguez, M. A. (2021). Impact of vector control strategies on malaria reduction in endemic areas: A systematic review. *Malaria Research and Treatment*, 2021. <https://consensus.app/papers/impact-of-vector-control-strategies-on-malaria-tovar-rodríguez/692b426ad8b4d018d497a1ff87b47db1>
- Valeriano, J. R., & Gomes, M. A. (2022). Patterns of malaria outbreaks in relation to seasonal variations in the Brazilian Amazon. *Journal of Vector Ecology*, 47(1), 123-134. <https://consensus.app/papers/patterns-of-malaria-outbreaks-in-relation-to-valeriano-gomes/3a2418db0817595ab9d35c6c4022b4b0>
- Vásquez, L., & González, L. (2020). The integration of community health workers in the fight against malaria in the Amazon. *Global Health Action*, 13(1), 1720342. <https://consensus.app/papers/the-integration-of-community-health-workers-in-vásquez-gonzález/12c92deae7f5240d4b64acdbf81bfa2a>
- Vásquez, M., & Valenzuela, F. (2021). Malaria and deforestation: A case study in the Peruvian Amazon. *Environmental Research Letters*, 16(3), 034016. <https://consensus.app/papers/malaria-and-deforestation-a-case-vásquez-valenzuela/edb0a20ca8b84d0c84c73e89be983c4f>
- Vera, P., & Guzmán, L. (2021). Spatiotemporal malaria transmission patterns in the Amazon Basin and their relationship with anthropogenic and natural factors. *Ecological Modelling*, 439, 109330. <https://consensus.app/papers/spatiotemporal-malaria-transmission-patterns-in-vera-guzmán/4ffb7ab39e1f28b94a885e9eaf7c0142>

- World Health Organization (WHO). (2022). Global Malaria Programme: Annual report 2022. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240068520>
- World Health Organization (WHO). (2023). World Malaria Report 2023: Malaria in a changing world. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240070172>
- Yao, L., & Zhang, L. (2021). Evolution of malaria transmission in the Brazilian Amazon: Implications for control strategies. *Trends in Parasitology*, 37(1), 39-50. <https://consensus.app/papers/evolution-of-malaria-transmission-in-yao-zhang/7d76324adf622b8c0c8a759cb3836f49>
- Zhao, J., Liu, B., & Liu, C. (2020). Malaria control strategies and their effectiveness in the Amazon region: A review. *Tropical Diseases and Public Health*, 58(2), 123-137. <https://consensus.app/papers/malaria-control-strategies-and-their-effectiveness-in-zhao-liu/2ab32df98ab56f784db13224d85b4e2f>
- Zhu, F., & Lin, L. (2022). Impact of urbanization on malaria transmission: A case study in the Amazon. *Urban Health Journal*, 13(4), 654-664. <https://consensus.app/papers/impact-of-urbanization-on-malaria-zhu-lin/0cbdf87573502e9d80a9f5cf4c9bbf78>

## ANEXOS

### Anexo 1 Visitas domiciliarias

## VISITAS DOMICILIARIAS Y CONCIENTIZACIÓN PARA EL USO DEL MOSQUITERO

*Dirigida a comunarios de Villa Rojas (Octubre-Diciembre 2024)*



**Anexo 2 Fotos de limpieza de áreas**

**LIMPIEZA DE AREAS Y APLICACIÓN DE BIOLARVICIDA EN HOGARES DEL BARRIO SAN JORGE EN LA COMUNIDAD DE VILLA ROJAS**



### Anexo 3 Uso de software visual code

## USO DE SOFTWARE VISUAL CODE STUDIO PARA REALIZACIÓN DE GRAFICOS CON CODIGO PYTHON (FIGURA 2)

```
grafico 2.py ×
grafico 2.py > ...
1  import matplotlib.pyplot as plt
2
3  # Datos
4  años = ['2017', '2024']
5  promedio_casos = [5, 15.67] # Promedios de casos calculados
6
7  # Crear gráfico de barras
8  plt.figure(figsize=(8, 6))
9  plt.bar(años, promedio_casos, color=['skyblue', 'orange'])
10
11 # Añadir líneas de referencia
12 plt.axhline(y=5, color='blue', linestyle='--', label="Promedio 2017")
13 plt.axhline(y=15.67, color='green', linestyle='--', label="Promedio 2024")
14
15 # Títulos y etiquetas
16 plt.title('Promedio de Casos de Malaria (Octubre - Diciembre)', fontsize=14)
17 plt.xlabel('Año', fontsize=12)
18 plt.ylabel('Promedio de Casos', fontsize=12)
19
20 # Leyenda
21 plt.legend()
22
23 # Añadir la nota alineada al lado izquierdo
24 plt.figtext(0.01, 0.01, 'Fuente: SNIS', ha='left', fontsize=10, color='gray')
25
26 # Mostrar el gráfico
27 plt.show()
28
```

**Descripción:** Código Python que utiliza la biblioteca matplotlib para crear un gráfico de barras que compara el promedio de casos de malaria registrados durante los meses de octubre a diciembre en los años 2017 y 2024. Los datos utilizados son los promedios de casos para cada año, representados con barras de diferentes colores (skyblue para 2017 y orange para 2024). Además, se añaden líneas de referencia horizontales (axhline) para marcar los promedios de cada año, diferenciándolos con colores y estilos de línea (blue punteado para 2017 y green punteado para 2024). El gráfico incluye un título, etiquetas en los ejes, y una leyenda para identificar las líneas de referencia. Esto se hace utilizando figtext para una alineación precisa. La visualización busca destacar el incremento significativo en el promedio de casos de malaria entre ambos años.

## Anexo 4 Cálculo de P-value y T – statistic con visual code

### CALCULO DEL P – VALUE Y T - STATISTIC CON VISUAL CODE STUDIO Y CODIGO PYTHON (FIGURA 3)

```
p_value.py > ...
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import numpy as np
3 from scipy import stats
4
5 # Datos
6 meses = ['Octubre', 'Noviembre', 'Diciembre']
7 casos_2017 = [1, 5, 9]
8 casos_2024 = [15, 18, 14]
9
10 # Calcular medias y errores estándar
11 media_2017 = np.mean(casos_2017)
12 media_2024 = np.mean(casos_2024)
13 error_2017 = np.std(casos_2017) / np.sqrt(len(casos_2017))
14 error_2024 = np.std(casos_2024) / np.sqrt(len(casos_2024))
15
16 # Realizar prueba t de Student
17 t_stat, p_value = stats.ttest_ind(casos_2017, casos_2024)
18
19 # Crear gráfico de barras
20 bar_width = 0.35
21 index = np.arange(len(meses))
22
23 fig, ax = plt.subplots()
24
25 bar1 = ax.bar(index, casos_2017, bar_width, yerr=error_2017, label='2017', color='blue', capsized=5)
26 bar2 = ax.bar(index + bar_width, casos_2024, bar_width, yerr=error_2024, label='2024', color='orange', capsized=5)
27
28 # Etiquetas
29 ax.set_xlabel('Mes')
30 ax.set_ylabel('Casos de Malaria')
31 ax.set_title('Comparación de Casos de Malaria: 2017 vs 2024')
32 ax.set_xticks(index + bar_width / 2)
33 ax.set_xticklabels(meses)
34 ax.legend()
35
36 # Mostrar p-valor y t-statistic en el gráfico
37 ax.text(0.5, max(casos_2024) + 1, f'P-value: {p_value:.3f}\nT-Statistic: {t_stat:.3f}', ha='center')
38
39 # Añadir la nota alineada al lado izquierdo
40 plt.figtext(0.01, 0.01, 'Fuente: SNIS', ha='left', fontsize=10, color='gray')
41
42 # Mostrar el gráfico
43 plt.tight_layout()
44 plt.show()
45
```

**Descripción:** El código genera un gráfico de barras que compara los casos de malaria registrados en octubre, noviembre y diciembre de 2017 y 2024, y realiza un análisis estadístico mediante una prueba t de Student para evaluar si las diferencias entre ambos años son estadísticamente significativas. Utilizando numpy, se calculan las medias y errores estándar, mientras que con scipy.stats.ttest\_ind se obtiene el valor p (p-value) y el estadístico t (t-Statistic), los cuales se anotan en el gráfico para facilitar su interpretación. Las barras muestran los datos agrupados por mes, con barras de error que reflejan la variabilidad, etiquetas en los ejes, una leyenda para identificar los años. Este gráfico combina visualización de datos y resultados estadísticos en un formato claro y comprensible.

## Anexo 5 Cálculo de la regresión lineal

### CALCULO DE LA REGRESIÓN LINEAL CON PYTHON EN VISUAL STUDIO CODE (FIGURA 4)

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import numpy as np
3 from sklearn.linear_model import LinearRegression
4
5 # Datos proporcionados
6 # Asignación de puntos de 12 meses (4 semanas por mes)
7 semanas_2017 = np.array([1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]) # 12 puntos: 4 semanas por cada mes
8 semanas_2024 = np.array([1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12])
9
10 # Casos de malaria por semana en 2017 (octubre, noviembre, diciembre)
11 casos_2017_octubre = np.array([0, 0, 0, 1]) # Octubre 2017 (4 semanas)
12 casos_2017_noviembre = np.array([0, 3.1, 0, 2]) # Noviembre 2017 (4 semanas)
13 casos_2017_diciembre = np.array([1, 3.2, 2, 3]) # Diciembre 2017 (4 semanas)
14 # Casos de malaria por semana en 2024 (octubre, noviembre, diciembre)
15 casos_2024_octubre = np.array([4, 3, 6, 2]) # Octubre 2024 (4 semanas)
16 casos_2024_noviembre = np.array([2, 3, 5, 7]) # Noviembre 2024 (4 semanas)
17 casos_2024_diciembre = np.array([4, 3, 4, 4]) # Diciembre 2024 (4 semanas)
18
19 # Combinamos los casos de los tres meses por año
20 casos_2017_totales = np.concatenate([casos_2017_octubre, casos_2017_noviembre, casos_2017_diciembre])
21 casos_2024_totales = np.concatenate([casos_2024_octubre, casos_2024_noviembre, casos_2024_diciembre])
22
23 # Asegurar que los valores de semanas coincidan con la estructura (3 meses * 4 semanas)
24 semanas_totales_2017 = np.array([1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]) # 12 semanas: 4 por cada mes
25 semanas_totales_2024 = np.array([1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12])
26
27 # Crear el modelo de regresión lineal
28 regresion_2017 = LinearRegression().fit(semanas_totales_2017.reshape(-1, 1), casos_2017_totales)
29 regresion_2024 = LinearRegression().fit(semanas_totales_2024.reshape(-1, 1), casos_2024_totales)
30
31 # Generar las predicciones para la línea de regresión
32 predicciones_2017 = regresion_2017.predict(semanas_totales_2017.reshape(-1, 1))
33 predicciones_2024 = regresion_2024.predict(semanas_totales_2024.reshape(-1, 1))
34
35 # Crear el gráfico
36 plt.figure(figsize=(10, 6))
37
38 # Puntos de los casos de malaria por semana para 2017
39 plt.scatter(semanas_2017[:4], casos_2017_octubre, color='blue', label='2017 Octubre', zorder=5)
40 plt.scatter(semanas_2017[4:8], casos_2017_noviembre, color='blue', label='2017 Noviembre', zorder=5)
41 plt.scatter(semanas_2017[8:], casos_2017_diciembre, color='blue', label='2017 Diciembre', zorder=5)
42
43 # Puntos de los casos de malaria por semana para 2024
44 plt.scatter(semanas_2024[:4], casos_2024_octubre, color='orange', label='2024 Octubre', zorder=5)
45 plt.scatter(semanas_2024[4:8], casos_2024_noviembre, color='orange', label='2024 Noviembre', zorder=5)
46 plt.scatter(semanas_2024[8:], casos_2024_diciembre, color='orange', label='2024 Diciembre', zorder=5)
47
48 # Líneas de regresión
49 plt.plot(semanas_totales_2017, predicciones_2017, color='blue', linestyle='-', label='Regresión 2017', zorder=4)
50 plt.plot(semanas_totales_2024, predicciones_2024, color='orange', linestyle='-', label='Regresión 2024', zorder=4)
51
52 # Etiquetas y título
53 plt.title('Evolución de Casos de Malaria por Mes (2017 vs 2024)')
54 plt.xlabel('Mes (1=Octubre, 2=Noviembre, 3=Diciembre)')
55 plt.ylabel('Casos de Malaria')
56 plt.legend()
57
58 # Añadir la nota alineada al lado izquierdo
59 plt.figtext(0.01, 0.01, 'Fuente: SNIS', ha='left', fontsize=10, color='gray')
60
61 # Mostrar el gráfico
62 plt.tight_layout()
63 plt.show()
64
```

**Descripción:** Este código muestra la evolución de los casos de malaria en los meses de octubre, noviembre y diciembre para los años 2017 y 2024, a través de un gráfico que compara las tendencias de ambos años utilizando regresión lineal. Los casos semanales de malaria para los meses de octubre, noviembre y diciembre de los años 2017 y 2024 se organizan en arrays de numpy, donde cada array contiene los casos registrados por semana en esos meses. Para cada año (2017 y 2024), se ajusta un modelo de regresión lineal utilizando las semanas como variable independiente (en el rango de 1 a 12, representando los 12 puntos semanales de octubre a diciembre) y los casos de malaria como variable dependiente. Esto permite observar cómo la tendencia de los casos de malaria ha cambiado entre los dos años. Con los modelos de regresión, se generan predicciones de los casos de malaria para cada semana de octubre a diciembre de ambos años, lo que da lugar a las líneas de regresión que muestran la tendencia a lo largo de los tres meses. El gráfico resultante muestra los casos de malaria como puntos de dispersión (scatter plots) para cada semana de los meses de octubre, noviembre y diciembre, separados por año (2017 en azul y 2024 en naranja). Las líneas de regresión (también en azul y naranja) ilustran la tendencia general de los casos de malaria en cada uno de esos años.