



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE SENSIBILIDAD Y  
ESPECIFICIDAD ENTRE EL MINIMICROSCOPIO DE AMPLIO  
AUMENTO PARA SMARTPHONE Y EL MICROSCOPIO  
TRADICIONAL EN IDENTIFICACIÓN DE PARÁSITOS**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. DAVID VILCA TICONA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**PUNO - PERÚ**

**2024**



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD ENTRE EL MINIMI CROSCOPIO DE AMPLIO AUMENTO PARA**

AUTOR

**David Vilca Ticona**

RECuento DE PALABRAS

**19508 Words**

RECuento DE CARACTERES

**111119 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**112 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**4.4MB**

FECHA DE ENTREGA

**Oct 9, 2024 10:06 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Oct 9, 2024 10:07 AM GMT-5**

● **8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Dr. Dante J. Choquehuanca Panclas

Resumen



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

ANÁLISIS COMPARATIVO DE SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD ENTRE EL  
MINIMICROSCOPIO DE AMPLIO AUMENTO PARA SMARTPHONE Y EL  
MICROSCOPIO TRADICIONAL EN IDENTIFICACIÓN DE PARÁSITOS

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. DAVID VILCA TICONA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

APROBADA POR:

PRESIDENTE:

  
Mg. CIRIA IVONNE FRIGOS RONDON

PRIMER MIEMBRO:

  
M.Sc. JUAN PABLO HUARACHI VALENCIA

SEGUNDO MIEMBRO:

  
Mg. DIANA ELIZABETH CAVERO ZEGARRA

DIRECTOR / ASESOR:


  
Dr. DANTE JONI CHOQUEHUANCA PANCLAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 11/10/2024

ÁREA: Ciencias Biomédicas

SUBLINEA: Diagnostico y Epidemiologia



  
V<sup>o</sup>B<sup>o</sup> Dra. VICKY CRISTINA GONZALES ALCOS  
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN-FCCBB



## DEDICATORIA

*Con un agradecimiento especial a Dios por la vida, la salud, la sabiduría y la paciencia que me han permitido alcanzar mis objetivos, y por protegerme en todo momento.*

*Este estudio de investigación está dedicado principalmente a mis padres, Enrique Vilca M. y Eduarda Ticona. C., cuyo apoyo me ha permitido lograr este éxito, y a quienes agradezco por su infinita paciencia, cariño, comprensión y confianza.*

*A mis hermanos Javier L. Vilca Ticona, Enrique S. Vilca Ticona, Jose L. Vilca Ticona, Juan L. Vilca Ticona; a mi tía Leticia; a mi compañera de vida Cynthia por su apoyo fraternal y los momentos de alegría compartidos, y también a la pequeña Arale que está en camino. ... y a mi abuelita Bartolina†, por su ternura y sus buenos deseos.*

**David Vilca Ticona**



## AGRADECIMIENTOS

*A Dios, a la vida, al universo por ser realidad.*

*A mis padres, quienes desde mis primeros pasos como estudiante me han apoyado incondicionalmente, enseñándome siempre que con perseverancia y esfuerzo se pueden alcanzar metas que parecen inalcanzables.*

*Agradezco profundamente a mi mentor y director de tesis, el Dr. Dante J. Choquehuanca Panclas, por brindarme la gran oportunidad de explorar el mundo de la investigación científica. De igual manera, mi agradecimiento infinito a Hilver Charca Mamani, con quien, desarrollamos el prototipo del minimicroscopio a través de largos años.*

*A los miembros del jurado por su apoyo, disposición y colaboración en la revisión de este manuscrito. A los Licenciados Jhony y Mario, por enseñarme valiosas pautas académicas y, sobre todo, por estar siempre presentes en los momentos de incertidumbre. Desde mi llegada, hicieron que mi estadía fuera mucho más llevadera en el laboratorio.*

**David Vilca Ticona**



# ÍNDICE GENERAL

Pág.

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ANEXOS**

**ACRÓNIMOS**

**RESUMEN**..... 15

**ABSTRACT**..... 16

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1 OBJETIVO GENERAL**..... 18

**1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**..... 18

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1 ANTECEDENTES**..... 19

**2.2 MARCO TEÓRICO**..... 25

2.2.1 Principios de amplificación de la imagen ..... 25

2.2.2 Microscopio compuesto de campo claro ..... 26

2.2.3 Iluminación del microscopio óptico compuesto ..... 28

2.2.4 Los objetivos del microscopio óptico compuesto ..... 29

2.2.4.1 Índice de refracción..... 30

2.2.4.2 Angulo de apertura..... 30

2.2.4.3 Apertura numérica (AN) ..... 31



2.2.4.4	Aumento de un objetivo .....	31
2.2.4.5	Poder de resolución (PR) .....	32
2.2.5	Ocular del microscopio óptico compuesto .....	33
2.2.6	Microscopio ZEISS Primostar 1 .....	33
2.2.6.1	Datos técnicos .....	34
2.2.7	Minimicroscopios para smartphones.....	35
2.2.8	Sensibilidad y Especificidad .....	38
2.2.8.1	Sensibilidad.....	38
2.2.8.2	Especificidad.....	39
2.2.9	Variabilidad entre Observadores .....	40
2.2.9.1	Concordancia entre observadores .....	41
2.2.9.2	Coeficiente Kappa.....	41
2.2.9.3	Curva ROC (Receiver Operating Characteristic).....	43

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1</b>	<b>ÁMBITO DE ESTUDIO.....</b>	<b>45</b>
<b>3.2</b>	<b>DISEÑO Y TIPO.....</b>	<b>45</b>
<b>3.3</b>	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>45</b>
3.3.1	Población.....	45
3.3.2	Muestra.....	46
3.3.3	Criterios de inclusión .....	47
3.3.4	Criterios de exclusión.....	47
<b>3.4</b>	<b>CONSIDERACIONES ÉTICAS.....</b>	<b>47</b>
<b>3.5</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>47</b>
3.5.1	Magnificación y resolución del minimicroscopio para smartphones.....	47



3.5.2	Análisis comparativo de sensibilidad y especificidad.....	52
3.5.3	Evaluación de variabilidad entre observadores aplicando el coeficiente Kappa, y empleabilidad la curva ROC.....	55

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1</b>	<b>CAPACIDAD DE MAGNIFICACIÓN Y RESOLUCIÓN DEL MINIMICROSCOPIO PARA SMARTPHONES.....</b>	<b>59</b>
4.1.1	Capacidad de Magnificación.....	59
4.1.2	Capacidad de Resolución .....	60
<b>4.2</b>	<b>ANÁLISIS COMPARATIVO DE SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD</b>	<b>63</b>
4.2.1	Sensibilidad y especificidad para el microscopio Zeiss Primostar 1 y el minimicroscopio.....	63
<b>4.3</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD ENTRE OBSERVADORES Y EL USO DE LA CURVA ROC PARA LA EVALUACIÓN DE SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD.....</b>	<b>65</b>
4.3.1	Análisis de la curva ROC .....	65
4.3.2	Concordancia entre observadores con el microscopio ZEISS Primostar	71
4.3.3	Concordancia entre observadores con el minimicroscopio.....	72
4.3.4	Concordancia entre ZEISS Primostar 1 y el minimicroscopio .....	72
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>VI.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>84</b>

**ÁREA:** Ciencias Biomédicas

**SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN:** Diagnostico y Epidemiologia





## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Datos de sistema óptico-ocular .....	34
<b>Tabla 2</b> Datos de sistema óptico-objetivo .....	35
<b>Tabla 3</b> Matriz de Confusión.....	42
<b>Tabla 4</b> Modelo de matriz de contingencia para los dos microscopios.....	55
<b>Tabla 5</b> Sensibilidad y Especificidad interobservadores.....	63
<b>Tabla 6</b> Área bajo la curva ROC del observador 1 .....	66
<b>Tabla 7</b> Coordenadas de la curva ROC para el observador 1.....	66
<b>Tabla 8</b> Análisis de la Área bajo la curva ROC del observador 2.....	68
<b>Tabla 9</b> Coordenadas de la curva ROC para el observador 2.....	68
<b>Tabla 10</b> Matriz de contingencia para el observador 1 con el microscopio Zeiss Primostar 1 .....	84
<b>Tabla 11</b> Matriz de contingencia para el observador 2 con el microscopio Zeiss Primostar 1 .....	84
<b>Tabla 12</b> Matriz de contingencia para el observador 1 con el minimicroscopio.....	85
<b>Tabla 13</b> Matriz de contingencia para el observador 2 con el minimicroscopio.....	85
<b>Tabla 14</b> Matriz de contingencia de observador 1 frente al observador 2 con el mismo microscopio (Zeiss Primostar 1) .....	86
<b>Tabla 15</b> Tabla de contingencia de observador 1 frente al observador 2 con el minimicroscopio .....	87
<b>Tabla 16</b> Tabla de contingencia de observador 1 el microscopio Zeiss Primostar 1 frente al minimicroscopio.....	88
<b>Tabla 17</b> Tabla de contingencia de observador 2 el microscopio Zeiss Primostar 1 frente al minimicroscopio.....	89



<b>Tabla 18</b>	Formato de clave madre para observaciones con ZEISS Primostar 1 y el minimicroscopio .....	90
<b>Tabla 19</b>	Resultados de la observación de parásitos por el observador 1 con el microscopio ZEISS Primostar 1 .....	91
<b>Tabla 20</b>	Resultados de la observación de parásitos por el observador 1 con el minimicroscopio .....	93
<b>Tabla 21</b>	Resultados de la observación de parásitos por el observador 2 con el microscopio ZEISS Primostar 1 .....	94
<b>Tabla 22</b>	Resultados de la observación de parásitos por el observador 2 con el minimicroscopio .....	96



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Esquema del principio de amplificación de imagen.....	26
<b>Figura 2</b> Esquema de iluminación de un microscopio de campo claro. ....	27
<b>Figura 3</b> El sistema óptico del microscopio.....	27
<b>Figura 4</b> El método de iluminación Köhler .....	28
<b>Figura 5</b> Principales características externas de los objetivos. ....	29
<b>Figura 6</b> Rayos luminosos que forman el ángulo de apertura. ....	30
<b>Figura 7</b> Microscopio ZEISS Primostar 1 .....	33
<b>Figura 8</b> Plano de medida en milímetros (mm). ....	34
<b>Figura 9</b> Minimicroscopio de amplio aumento para smartphones.....	36
<b>Figura 10</b> Sistema Óptico del minimicroscopio .....	36
<b>Figura 11</b> Sistema de iluminación del minimicroscopio.....	37
<b>Figura 12</b> Valoración del coeficiente kappa.....	43
<b>Figura 13</b> Porta objeto de calibración utilizado para la calibración (1 $\mu$ m) .....	49
<b>Figura 14</b> Curva ROC del observador 1 con microscopio ZEISS Primostar 1 frente al minimicroscopio .....	67
<b>Figura 15</b> Curva ROC del observador 2 con microscopio ZEISS Primostar 1 frente al minimicroscopio .....	69
<b>Figura 16</b> Observación de muestras de <i>Entamoeba coli</i> a 400x.....	97
<b>Figura 17</b> Observación de muestras de <i>Chilomastix mesnili</i> a 400x .....	98
<b>Figura 18</b> Observación de muestras de <i>Blastocystis hominis</i> a 400x .....	98
<b>Figura 19</b> Observación de muestras de <i>Entamoeba coli</i> a 400x.....	99
<b>Figura 20</b> Observación de muestras de <i>Entamoeba histolitica</i> a 400x.....	99
<b>Figura 21</b> Observación de muestras de <i>Iodamoeba butschlii</i> a 400x .....	100
<b>Figura 22</b> Observación de muestras de <i>Endolimax nana</i> a 400x.....	100



<b>Figura 23</b>	Observación de muestras de <i>Trichuris trichura</i> a 400x .....	101
<b>Figura 24</b>	Observación de muestras de <i>Ascaris lumbricoides</i> a 400x .....	101
<b>Figura 25</b>	Diseño 3D del minimicroscopio.....	102
<b>Figura 26</b>	Prototipo de impreso en 3D del minimicroscopio.....	102
<b>Figura 27</b>	Minimicroscopio acoplado al smartphone Samsung A50 .....	103
<b>Figura 28</b>	Recolección de muestras de heces en área de microbiología del H.C.M.M de Juliaca .....	103
<b>Figura 29</b>	Preparación de muestras de heces .....	104
<b>Figura 30</b>	Preparación de muestras en lugol para la observación.....	104
<b>Figura 31</b>	Identificación y clasificación de muestras de heces (técnica de concentración de heces) .....	105
<b>Figura 32</b>	Manual manejo del minimicroscopio de amplio aumento para smartphones .....	106



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1</b> Cálculos de Sensibilidad y Especificidad para los dos microscopios.....	84
<b>ANEXO 2</b> ...Tablas de clave y observación de parásitos.....	90
<b>ANEXO 3</b> Fotografías de observaciones de minimicroscopio y Zeiss Primostar 1...	97
<b>ANEXO 4</b> Planos del prototipo de minimicroscopio.....	102
<b>ANEXO 5</b> Imágenes de procedimientos realizados en el trabajo de investigación.	103



## ACRÓNIMOS

<b>AN:</b>	Apertura numérica
<b>AUC:</b>	Área Bajo la Curva
<b>E:</b>	Especificidad
<b>HCMM:</b>	Hospital Carlos Monge Medrano
<b>IC:</b>	Intervalo de Confianza
<b>mm:</b>	Milímetro
<b>PR:</b>	Poder de resolución
<b>ROC:</b>	Receiver Operating Characteristic
<b>S:</b>	Sensibilidad
<b>Zeiss:</b>	Microscopio Óptico Convencional Zeiss Primostar
<b>μm:</b>	Micrómetro



## RESUMEN

En los últimos años, la tecnología ha permitido la miniaturización de dispositivos ópticos, lo que ha llevado al desarrollo de herramientas portátiles como el minimicroscopio, razón por el cual se planteó analizar y comparar la sensibilidad y especificidad del minimicroscopio de amplio aumento para smartphones con un microscopio tradicional ZEISS Primostar 1 en la identificación de parásitos. Se analizaron 105 muestras de heces, de las cuales 55 fueron clasificadas como positivas y 50 como negativas en presencia de parásitos, la evaluación incluyó una comparación de la magnificación y la determinación del límite de resolución mediante la fórmula de Abbe, posteriormente se llevó a cabo un análisis de sensibilidad y especificidad a través de matrices de contingencia, realizado por dos observadores que utilizaron tanto el minimicroscopio como el microscopio ZEISS Primostar 1 para evaluar las muestras. Además, se realizó un análisis de la curva ROC y el coeficiente kappa para evaluar la concordancia interobservador. Los resultados indicaron que el minimicroscopio mostró una capacidad de magnificación de 800x, y un límite de resolución de 1.16  $\mu\text{m}$ , en contraste con los 0.2  $\mu\text{m}$  alcanzados por el microscopio ZEISS Primostar 1. La sensibilidad promedio del minimicroscopio fue de 86% y su especificidad del 99%, mientras que el microscopio ZEISS Primostar 1 mostró una sensibilidad del 97% y una especificidad del 100%. El análisis estadístico, utilizando el coeficiente kappa, reveló una concordancia mediana de  $k = 0,318$  para el minimicroscopio, en comparación con una concordancia sustancial de  $k = 0,662$  para el ZEISS Primostar 1. Estos hallazgos sugieren que, aunque el minimicroscopio tiene potencial, aún no puede reemplazar a los dispositivos estándar en entornos de diagnóstico clínico donde se requiere alta precisión.

**Palabras clave:** Minimicroscopio, Parásitos, Smartphone, ZEISS Primostar 1.



## ABSTRACT

In recent years, technology has enabled the miniaturization of optical devices, which has led to the development of portable tools such as the smartphone-mounted mini-microscope. For this reason, an analysis and comparison of the sensitivity and specificity of the smartphone-compatible high-magnification mini-microscope was proposed, using a traditional ZEISS Primostar 1 microscope as a reference for identifying parasites. A total of 105 stool samples were analyzed, of which 55 were classified as positive and 50 as negative for the presence of parasites. The evaluation included a comparison of magnification and the determination of the resolution limit using Abbe's formula. Subsequently, a sensitivity and specificity analysis was conducted using contingency tables, performed by two observers who used both the mini-microscope and the ZEISS Primostar 1 microscope to evaluate the samples. Additionally, a ROC curve analysis and kappa coefficient were used to assess inter-observer agreement. The results indicated that the mini-microscope had a magnification capacity of 800x and a resolution limit of 1.16  $\mu\text{m}$ , compared to the 0.2  $\mu\text{m}$  achieved by the ZEISS Primostar 1 microscope. The average sensitivity of the mini-microscope was 86% and its specificity was 99%, while the ZEISS Primostar 1 microscope showed a sensitivity of 97% and a specificity of 100%. Statistical analysis using the kappa coefficient revealed a moderate agreement of  $k = 0.318$  for the mini-microscope, compared to a substantial agreement of  $k = 0.662$  for the ZEISS Primostar 1. These findings suggest that although the mini-microscope has potential, it cannot yet replace standard devices in clinical diagnostic settings where high precision is required.

**Keywords:** Minimicroscope, Parasite, Smartphone, ZEISS Primostar 1.





# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La identificación precisa de parásitos es fundamental en diversas áreas como la medicina, biología y ecología, desempeñando un papel crucial en el diagnóstico y la investigación de enfermedades parasitarias. Tradicionalmente, los microscopios ópticos convencionales han sido la herramienta estándar para estas tareas, pero su elevado costo y falta de practicidad limitan su uso en entornos con recursos escasos (Hernández et al., 2001). Este estudio surge como respuesta a las limitaciones que enfrentan los microscopios convencionales, que, aunque son herramientas estándar, presentan desventajas significativas en términos de costo y accesibilidad, especialmente en entornos con recursos limitados.

El propósito de este estudio fue evaluar y comparar la sensibilidad y especificidad del minimicroscopio para smartphones con los microscopios tradicionales, específicamente utilizando como referencia el modelo ZEISS Primostar 1 (Vilca & Charca, 2019). La metodología se basó en un análisis comparativo de muestras clínicas recolectadas en el Hospital Carlos Monge Medrano de Juliaca, empleando ambos tipos de microscopios. Se enfocó en la precisión diagnóstica para la identificación de parásitos, utilizando el coeficiente Kappa para evaluar la variabilidad entre observadores y la curva ROC para el análisis estadístico de sensibilidad y especificidad (Pérez et al., 2021).

Este estudio tiene el potencial de revolucionar la forma en que se realizan los diagnósticos en regiones con limitaciones de recursos, facilitando la detección temprana de enfermedades y mejorando la salud pública. Al proporcionar una herramienta que combina portabilidad, accesibilidad y tecnología avanzada, se busca optimizar la respuesta ante enfermedades parasitarias, promoviendo así el avance en el diagnóstico y



el bienestar global. En resumen, este trabajo no solo aborda un problema crítico en el ámbito sanitario, sino que también abre nuevas vías para la investigación y la aplicación de tecnologías innovadoras en el campo de la parasitología (Koydemir et al., 2019).

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar la efectividad diagnóstica del minimicroscopio para smartphones en la detección de parásitos, en comparación con el microscopio óptico Zeiss Primostar 1, considerando los parámetros de sensibilidad, especificidad, magnificación, resolución y consistencia entre observadores.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la capacidad de magnificación y resolución del minimicroscopio para smartphones en la identificación de distintos tipos de parásitos.
- Comparar la sensibilidad y especificidad del minimicroscopio para smartphones con el microscopio óptico convencional Zeiss Primostar 1 en la identificación de parásitos utilizando muestras clínicas.
- Analizar la variabilidad entre observadores en la identificación de parásitos con el minimicroscopio, utilizando el coeficiente kappa y la curva ROC.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES

- **Historia de la Microscopía**

Vivar (2019) en su estudio sobre la diversidad y funcionalidad de los microscopios, destacaron que los microscopios compuestos representan una herramienta esencial en la investigación y análisis celular. Este tipo de microscopio, gracias a su conjunto de lentes objetivas de alta calidad, permite la formación de una imagen detallada y real de la muestra en el plano focal. Adicionalmente, un segundo conjunto de lentes, conocidas como oculares, amplifica esta imagen, facilitando su observación detallada. Los autores señalan que los microscopios compuestos pueden ser monocular o binocular, lo que permite al usuario una observación con un ojo o ambos, respectivamente. Esta característica es especialmente útil en estudios prolongados, ya que ayuda a reducir la fatiga ocular. Además, destacan que muchos de estos microscopios están equipados con sistemas de iluminación avanzados, como lámparas de luz coaxial o transiluminante, para asegurar una iluminación uniforme y precisa, esencial para una visión clara de la muestra. Este estudio subraya la importancia de estas características para la observación efectiva a nivel celular.

Sánchez & Oliva (2015) mencionaron que en la evolución del microscopio se incorporó la fuente de luz al pie, el mecanismo coaxial para el enfoque macro y micro, y los botones para el movimiento en dos coordenadas de la platina cuadrada, permitiendo desplazamientos precisos. Estos avances llevaron al desarrollo de microscopios especializados, como el de polarización, contraste de fases, interferencia y campo oscuro,



así como los de luz ultravioleta y el moderno microscopio electrónico gracias a Max Knoll y Ernst Ruska. Este último ha permitido resolver detalles celulares a nivel molecular, siendo fundamental en virología para la observación de virus.

Ledermann (2012) en su investigación, detalla que, en 1668 Van Leeuwenhoek, tomando como referencia el invento de Hooke, fabricó un microscopio con poderosos lentes de aumento y técnicas efectivas, observando microbios, sangre, plumas, pólvora, pelos, insectos, minerales, fibras musculares, peces, espermatozoides, semillas, árboles y plantas. También observó la placa dental compuesta por microbios y restos de comida. Leeuwenhoek, auxiliado por el anatomista Regnier de Graaf, escribía cartas a la Real Sociedad con dibujos y anotaciones precisas, y de microscopios simples, con un único lente, los que alcanzaban aumentos de hasta 275 veces.

Hernández et al. (2001) reafirman que los trabajos de Koch y Pasteur impulsaron la microbiología a finales del siglo XIX y principios del XX, permitiendo el aislamiento de gérmenes causantes de enfermedades infecciosas como la gonorrea, difteria, tétanos, neumonía, meningitis, peste bubónica, leishmaniasis, sífilis y la fiebre de las montañas rocosas. Estos avances fueron posibles gracias al microscopio. Amici, en 1812, perfeccionó las lentes e implantó la observación con inmersión en agua, mientras que Brewster usó líquidos con un índice de refracción más elevado. En 1812, Amici mejoró las lentes e introdujo la observación con inmersión en agua, mientras que Brewster empleó líquidos con un mayor índice de refracción. En 1820, Chevalier desarrolló objetivos compuestos, los cuales fueron perfeccionados por Lister en 1830 con lentes apocromáticas. Abbe, en 1866, promovió el uso de objetivos apocromáticos y la inmersión homogénea en aceite de cedro, además de diseñar la sub-platina y varios tipos de condensadores entre 1873 y 1899 (Lopez et al., 2021).



- **Desarrollo de minimicroscopios**

Álvarez & Navarro, (2022) describen cómo el desarrollo y la incorporación de nuevas tecnologías han transformado significativamente el diagnóstico de enfermedades como la escabiosis. Los avances en la tecnología óptica y digital, como el uso de microscopios de bolsillo acoplados a smartphones, han permitido un diagnóstico más accesible y preciso en zonas remotas, donde el acceso a laboratorios tradicionales es limitado. Estos dispositivos han sido clave para mejorar la identificación de los parásitos y otras características clínicas de la escabiosis, ofreciendo una alternativa viable y eficiente a los métodos convencionales.

Ayardulabi et al. (2021) exploraron la microscopía adaptada a smartphones, destacando el desarrollo de sistemas que incorporan un soporte para el teléfono, una fuente de luz LED, y lentes objetivo y oculares. Estos microscopios, enriquecidos con componentes adicionales como escenarios de muestra y filtros, permiten la visualización ampliada en las pantallas de los smartphones. La sinergia entre las lentes del microscopio y la cámara del teléfono es crucial para un análisis detallado con mínimas aberraciones. Además, la inclusión de accesorios, a menudo fabricados mediante impresión 3D, mejora la funcionalidad del dispositivo para el análisis de muestras. El avance programas y el uso de aplicaciones basadas en algoritmos que procesan imágenes, combinados con la capacidad de ejecución de aplicaciones de inteligencia artificial en smartphones, han incrementado notablemente la calidad y precisión de los datos obtenidos.

Koydemir et al. (2019) aplicaron una metodología similar en otro estudio, utilizando un microscopio de campo claro basado en teléfono inteligente para detectar huevos de *Schistosoma* en muestras de orina y heces durante un estudio epidemiológico. Los resultados mostraron que el microscopio móvil tenía una sensibilidad del 72,1% y



una especificidad del 100%, con un valor predictivo positivo del 100% y un valor predictivo negativo del 57,1%. Con base en estos resultados, los autores concluyeron que el microscopio portátil y económico basado en un teléfono móvil podría ser un paso importante hacia el desarrollo de una herramienta eficaz en entornos clínicos y de salud pública con acceso limitado a soporte diagnóstico de laboratorio convencional.

Martorell (2019) desarrolló un microscopio de bajo costo orientado a la detección automática de parásitos, especialmente en comunidades aisladas afectadas por enfermedades como la malaria, la tuberculosis y parásitos intestinales. Para abordar la falta de diagnósticos frecuentes en estas áreas, implementó sistemas de inteligencia artificial para la detección de parásitos, lo que requiere un microscopio que sea económico y fácil de usar. También, llevó a cabo un análisis exhaustivo de los materiales adecuados para el rediseño y se documentó la evolución del prototipo hasta llegar a una solución final que cumpliera con los requisitos de funcionalidad y facilidad de uso.

Ormachea & Villazón (2017) diseñaron un prototipo innovador basado en una fuente de luz láser y un filtro barrera simplificado, lo que permitió la detección precisa de fluorescencia en muestras biológicas. Además, el prototipo integró un sistema embebido para la visualización y control digital, facilitando su uso en aplicaciones biomédicas. Durante las pruebas, el prototipo demostró una capacidad notable para identificar estructuras celulares y patógenos con una resolución comparable a la de microscopios comerciales más costosos. Estos avances resultaron particularmente adecuados para su implementación en entornos con recursos limitados, sin comprometer la calidad de los resultados obtenidos.

Bogoch et al. (2017) utilizaron una unidad optomecánica personalizada, impresa en 3D y acoplada a la cámara trasera de un teléfono inteligente, para examinar 60



muestras de orina de escolares en busca de *Schistosoma haematobium*. Este dispositivo mostró una sensibilidad del 72% y una especificidad del 100%, con valores predictivos positivo y negativo del 100% y 57%, respectivamente.

D'Ambrosio et al. (2015) exploraron la tecnología Brightfield, que ilumina las muestras con luz blanca y se basa en la atenuación de la luz en áreas densas para generar contrastes, facilitando así la observación de células vivas y biomoléculas grandes. Esta técnica resulta útil para detectar parásitos, como demostró un estudio piloto en el que se utilizó el microscopio de un teléfono inteligente para identificar el parásito *Loa loa* en muestras de sangre total. El estudio implementó video microscopía con la cámara del teléfono y un escaneo automatizado de muestras, además de un algoritmo de procesamiento de imágenes para la detección cuantitativa. Este algoritmo identificaba automáticamente cambios en la sangre causados por microfilarias en movimiento. Comparado con los recuentos manuales de frotis grueso, el método mostró una especificidad y sensibilidad del 94% y 100%, respectivamente, y el proceso solo tomaba 2 minutos, requiriendo únicamente un capilar de vidrio y una lanceta como equipamiento adicional.

- **Importancia de Sensibilidad y especificidad en el diagnóstico clínico**

Martínez et al. (2021) realizaron un estudio dónde se comparó la microscopía de fluorescencia LED con la microscopía de luz convencional para la detección de bacilos ácido-alcohol resistentes (BAAR) en muestras de esputo. La investigación demostró que la microscopía de fluorescencia LED presentó una sensibilidad significativamente mayor, lo que permite identificar un mayor número de casos positivos en comparación con la microscopía tradicional. Además, la especificidad también fue alta, asegurando que los resultados positivos sean confiables. Estas características hacen que la microscopía de



fluorescencia LED sea una herramienta diagnóstica superior para la detección de tuberculosis, mejorando la capacidad de diagnóstico en entornos clínicos, especialmente en áreas con alta carga de la enfermedad.

Pérez et al. (2021) enfatizaron que las pruebas diagnósticas son fundamentales para categorizar las vivencias del paciente en condiciones médicas específicas, permitiendo estimar la probabilidad de su presencia o ausencia. La exactitud de estas pruebas se midió a través de indicadores como sensibilidad y especificidad, que son esenciales para evaluar su rendimiento. La investigación también enfatiza que el impacto de una prueba diagnóstica se refiere a cómo los resultados afectan las decisiones terapéuticas y los desenlaces clínicos. Estos conceptos son relevantes para la evaluación de nuevas tecnologías diagnósticas, como el minimicroscopio, en comparación con métodos tradicionales.

Menocal et al. (2013) en su estudio titulado "Evaluación del Control de Calidad en el Diagnóstico de Parasitosis Intestinales en La Habana", examinaron 747 muestras de heces en 15 policlínicos de cuatro municipios de La Habana para evaluar la consistencia en el diagnóstico de parasitosis intestinales entre diferentes observadores. Utilizando el coeficiente kappa para medir la concordancia, descubrieron que solo en uno de los policlínicos se logró un nivel de acuerdo en el diagnóstico parasitario, con un coeficiente kappa de 0.90 ( $p < 0.05$ ). Sin embargo, solo en una cuarta parte de los policlínicos evaluados se pudo establecer concordancia en el diagnóstico, y de estos, únicamente uno mantuvo una calidad diagnóstica satisfactoria. Este estudio resalta la variabilidad y los desafíos en la precisión diagnóstica en diferentes centros de salud.

Blanco et al. (2013) llevaron a cabo una investigación en siete laboratorios de salud pública en Ciudad Bolívar, estado Bolívar, con el objetivo de evaluar el control de





calidad en el proceso de diagnóstico coproparasitológico. En el estudio, cada uno de los laboratorios seleccionados recibió 22 muestras fecales, incluyendo 20 muestras frescas y 2 preservadas, para un análisis detallado. Además, se aplicó una encuesta basada en los criterios de las tres fases del proceso de análisis coproparasitológico, según la norma COVENIN, a los responsables del análisis en cada laboratorio. En total, se analizaron 154 muestras de heces, tanto frescas como preservadas, gracias a la colaboración de los laboratorios participantes en esta fase inicial de la investigación. Este estudio proporciona una visión integral de la calidad del diagnóstico coproparasitológico en la región y destaca la importancia de la estandarización en los procedimientos de análisis en los laboratorios de salud pública.

Cerda & Cifuentes (2012) describieron las curvas ROC como una herramienta clave en la evaluación de la exactitud diagnóstica de pruebas médicas. Estas curvas ayudan a determinar el punto de corte óptimo para equilibrar sensibilidad y especificidad, evaluar la capacidad discriminativa de un test, y comparar la precisión de múltiples pruebas diagnósticas. Su uso fundamentado en datos clínicos reales resulta esencial para mejorar la toma de decisiones en la práctica médica.

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

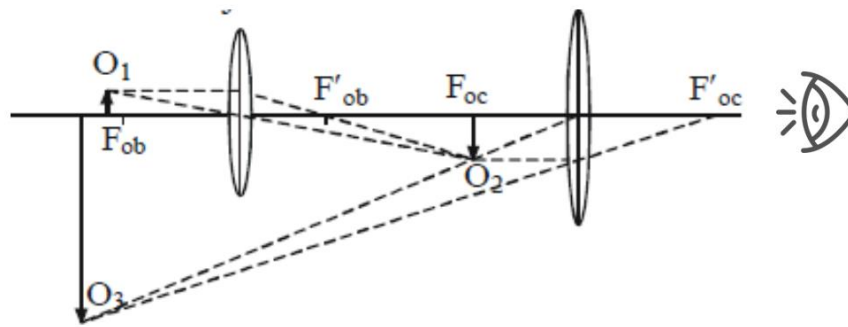
### **2.2.1 Principios de amplificación de la imagen**

La microscopía óptica utiliza luz visible y un sistema de lentes para ampliar imágenes de objetos diminutos. Se compone de dos partes principales: un sistema óptico, que incluye lentes convergentes (objetivos y oculares), y un sistema mecánico que sostiene la preparación (Piqueras & Faura, 1994). La magnificación se logra mediante la combinación de los aumentos del ocular y el objetivo, permitiendo observar detalles a escalas que van desde 50x hasta 1000x.

La apertura numérica es crucial para la resolución, mejorando la calidad de la imagen al recolectar más información lumínica (Montalvo, 2010).

### Figura 1

*Esquema del principio de amplificación de imagen.*



Fuente: Elaboración propia.

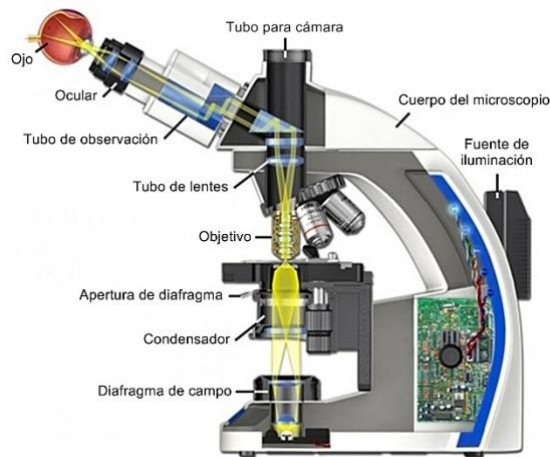
El lente objetivo, que se encuentra más cerca de la muestra  $O_1$ , genera una imagen  $O_2$  que es real, ampliada y está al revés. Para visualizar  $O_2$ , se emplea la lente ocular, similar a una lupa. Esta lente ocular se ajusta para que  $O_2$  se posicione en su foco. Como resultado, la luz sale del ocular en líneas paralelas, creando la ilusión de que proviene de un punto lejano, lo cual produce una imagen final,  $O_3$ , que está invertida en relación con  $O_1$  y es considerablemente más grande (Vivar, 2019).

#### 2.2.2 Microscopio compuesto de campo claro

El microscopio de campo claro funciona conjugando ópticamente la luz emitida por su fuente de iluminación mostrado en la Figura 2, utilizando las lentes del colector y el condensador. Después de interactuar con la muestra, la luz reemitida es conjugada con el plano del observador mediante el lente objetivo y el ocular, formando una imagen magnificada (Montalvo, 2010).

**Figura 2**

*Esquema de iluminación de un microscopio de campo claro.*

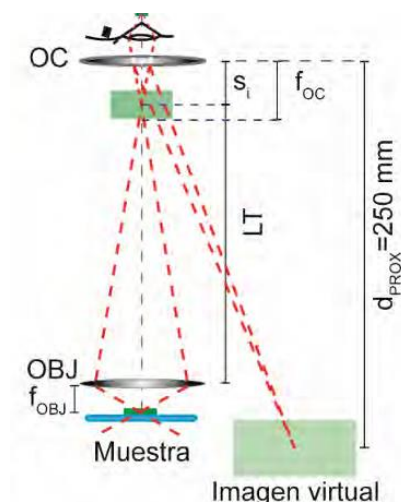


Fuente: (Lopez et al., 2021)

En la Figura 3 se muestra como sistema óptico del microscopio genera una imagen virtual de la muestra que se encuentra a 25 cm del observador. Los parámetros incluyen  $f_{OBJ}$  como la distancia focal del objetivo,  $f_{OC}$  como la distancia focal del ocular,  $S_i$  como la distancia entre la imagen de la muestra y el ocular,  $LT$  como la longitud del tubo, y  $d_{PROX}$  como la distancia al punto cercano (Lopez et al., 2021).

**Figura 3**

*El sistema óptico del microscopio*



Fuente: (Guzman, 2015)

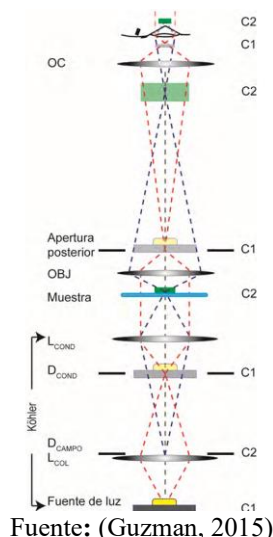
### 2.2.3 Iluminación del microscopio óptico compuesto

La correcta iluminación en microscopía de campo claro es fundamental para obtener imágenes de alta calidad, ya que una iluminación no homogénea puede generar ruido y reducir la nitidez. Existen dos métodos principales de iluminación: la crítica o Nelsoniana, que conjuga ópticamente el plano de la fuente de luz con el de la muestra, destacando el contraste. Sin embargo, este método presenta la desventaja de la falta de uniformidad y el traslape de la imagen de la fuente de luz, lo que se puede mitigar con un difusor (Guzman, 2015).

Por otro lado, la iluminación Köhler forma dos conjuntos de planos ópticamente conjugados (C1 y C2) que iluminan homogéneamente el campo visual sin que la imagen de la fuente de luz interfiera. El conjunto C1 ajusta el área de iluminación y la homogeneidad del campo visual, mientras que el conjunto C2 controla el contraste mediante el diafragma del condensador. Este método, al colimar el haz de luz, proporciona una iluminación más uniforme y reduce los reflejos, mejorando así la calidad de la imagen (Guzman, 2015).

#### Figura 4

*El método de iluminación Köhler*



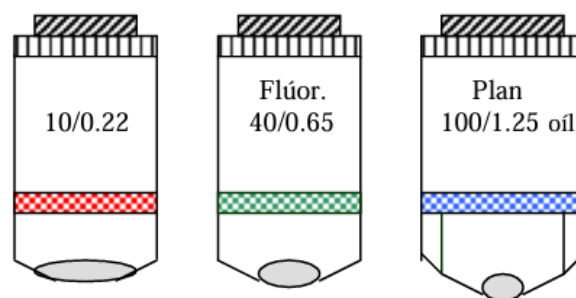
## 2.2.4 Los objetivos del microscopio óptico compuesto

Los objetivos de un microscopio son esenciales para la formación de imágenes de alta calidad, ya que determinan la nitidez y capacidad de resolución de los detalles. Están compuestos por lentes convergentes y divergentes que minimizan las aberraciones ópticas (Isac, 2008). Los objetivos están disponibles en diversos aumentos, como 3.5x, 4x, 10x, hasta 100x, y se identifican mediante líneas de color. Pueden clasificarse como secos, cuando el medio entre la muestra y el objetivo es aire, o de inmersión, cuando se utiliza un líquido como agua, glicerina o aceite de inmersión (Boronat & López, 2019).

Los objetivos también se clasifican según el tipo de corrección de aberraciones que ofrecen. Los acromáticos corrigen aberraciones cromáticas básicas, aunque pueden dejar bordes difusos. Los semi-apocromáticos, o de fluorita, son ideales para microscopía de fluorescencia debido a su alta transmisión de luz de onda corta. Los apocromáticos corrigen múltiples colores, pero pueden introducir curvatura de campo. Los planos apocromáticos, por otro lado, ofrecen la mayor corrección de aberraciones, proporcionando imágenes extremadamente nítidas y planas, siendo ideales para fotomicrografía (Guzman, 2015).

### Figura 5

*Principales características externas de los objetivos.*



Fuente: (Montalvo, 2010)

### 2.2.4.1 Índice de refracción

Es una propiedad óptica que describe cómo la velocidad de la luz cambia cuando pasa de un medio a otro. En términos sencillos, indica cuán "lento" se mueve la luz dentro de un material en comparación con su velocidad en el vacío (Montalvo, 2010).

Formula:

$$n = \frac{c}{v}$$

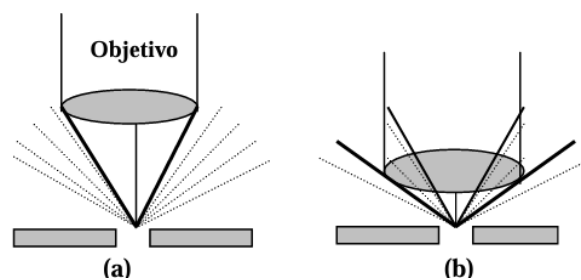
- $n$  es el índice de refracción.
- $v$  es la velocidad de la luz en el vacío ( $3 \times 10^8$  m/s)
- $c$  es la velocidad de la luz en el medio.

### 2.2.4.2 Angulo de apertura

Es el ángulo máximo entre los rayos de luz que pasan a través del borde de la lente de un microscopio y el eje óptico central. Este ángulo es crucial porque determina la cantidad de luz que puede ser captada por la lente y, en consecuencia, influye directamente en la intensidad y calidad de la imagen obtenida (Montalvo, 2010).

**Figura 6**

*Rayos luminosos que forman el ángulo de apertura.*



Fuente: (Montalvo, 2010)

Se puede observar que en la figura **6a** el ángulo de apertura es cercano a  $50^\circ$ , mientras que en la figura **6b** el ángulo es considerablemente más amplio ( $95^\circ$ ), lo que indica que la lente es capaz de capturar una mayor cantidad de rayos periféricos (Montalvo, 2010).

### 2.2.4.3 Apertura numérica (AN)

Es una medida de la capacidad de una lente de microscopio para captar luz y resolver detalles finos de la muestra. Depende tanto del ángulo de apertura como del índice de refracción del medio entre la lente y la muestra. Una *AN* mayor indica una mayor capacidad de resolución del microscopio (Guzman, 2015).

Formula:

$$AN = n \times \text{sena}$$

Donde:

- *AN* es la apertura numérica.
- *n* es el índice de refracción del medio (como el aire o el aceite de inmersión).
- $\alpha$  es la mitad del ángulo de apertura.

### 2.2.4.4 Aumento de un objetivo

Es la capacidad de una lente para amplificar la imagen de un objeto observado bajo un microscopio. Se define como la relación entre el tamaño de la imagen proyectada por la lente y el tamaño real del objeto en términos lineales, abarcando tanto el largo como el ancho. Los objetivos del



microscopio están diseñados con diferentes niveles de aumento, típicamente expresados como un número seguido de "x" (por ejemplo, 4x, 10x, 40x, 100x). Este número indica cuántas veces el objetivo amplifica la imagen de la muestra (Rühl, 2012).

#### 2.2.4.5 Poder de resolución (PR)

El poder de resolución es la capacidad de un objetivo para distinguir la distancia mínima entre dos puntos en una muestra, permitiendo visualizarlos como puntos separados. La claridad y nitidez de una imagen dependen de este factor, que está influenciado por la longitud de onda de la luz utilizada y la apertura numérica del sistema óptico. El poder de resolución se calcula utilizando la fórmula de Abbe, donde una mayor apertura numérica y una menor longitud de onda resultan en una mayor capacidad de resolución (Guzman, 2015).

Formula:

$$PR = \frac{0.61 \times \lambda}{NA}$$

Donde:

- **PR** es el poder de resolución.
- $\lambda$  es la longitud de onda de la luz utilizada (generalmente en el rango visible, entre 400 y 700 nm)
- **NA** es la apertura numérica del objetivo.



### 2.2.5 Ocular del microscopio óptico compuesto

El ocular es la lente superior del microscopio que amplifica la imagen ya aumentada por el objetivo. Funciona como una lupa adicional, haciendo que la muestra se vea más grande y detallada. A través de él, el observador visualiza una imagen virtual y derecha. Su aumento se combina con el del objetivo para determinar el aumento total del microscopio. Esta imagen únicamente amplía un número determinado de veces 5x, 8x, 10x, 12x (Rodríguez et al., 2022).

### 2.2.6 Microscopio ZEISS Primostar 1

El microscopio ZEISS Primostar 1 con contraste de fases es ideal para la enseñanza de biología y el uso clínico, permitiendo visualizar estructuras finas en células incoloras, un desafío común en el laboratorio. Además, ofrece la opción de contraste de campo oscuro. El modelo ZEISS Primostar 1, con iluminación Fixed-Köhler, está diseñado para formación, permitiendo la observación de muestras teñidas o naturales en portaobjetos, siendo perfecto para prácticas clínicas y clases de microscopía biológica o médica (Zeiss, 2024).

#### Figura 7

*Microscopio ZEISS Primostar 1*



Fuente: (Zeiss, 2024).

### 2.2.6.1 Datos técnicos

**Tabla 1**

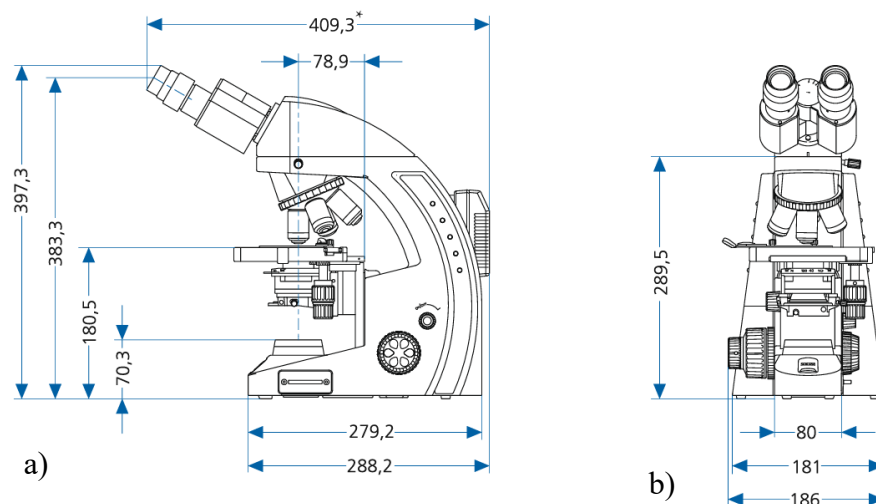
*Datos de sistema óptico-ocular*

<b>Pieza</b>	<b>Descripción</b>
<b>Sistema óptico:</b>	Óptica infinita con corrección cromática
<b>Longitud parafocal:</b>	45 mm
<b>Longitud del tubo:</b>	180 mm
<b>Dos variantes de estativo:</b>	Full-Koehler y Fixed-Koehler
<b>Aumentos</b>	40x a 1000x para observación visual
<b>Tubos de ocular:</b>	Distancia inter-pupilar ajustable entre 48 mm y 75 mm Ángulo de observación 30°
<b>Oculares:</b>	WF 10x/18 Br.foc. WF 10x/20 Br.foc.
<b>Revólver porta-objetivos:</b>	Cuádruple, inclinado hacia atrás

Fuente: (Zeiss, 2024).

**Figura 8**

*Plano de medida en milímetros (mm).*



Fuente: a) Vista lateral b) Vista frontal del Microscopio ZEISS Primostar 1 (Zeiss, 2024)

**Tabla 2**

*Datos de sistema óptico-objetivo*

<b>Pieza</b>	<b>Descripción</b>
<b>Condensador:</b>	Plan-Achromat 10x/0,25 DT:4,39 mm Plan-Achromat 40x/0,65 DT:0,48 mm Plan-Achromat 100x/1,25 DT:0,13 mm Condensador de Abbe 0,9/1,25
<b>Iluminación:</b>	HAL (30 W/6 V),LED (3 W/6 V, corresponde aprox. a la luminosidad de 20 W HAL)
<b>Platina:</b>	Platinas disponibles con mando a la derecha o izquierda
<b>Superficie de la platina:</b>	A x P:140 mm x 135 mm
<b>Dos variantes de estativo:</b>	Full-Koehler y Fixed-Koehler
<b>Mandos Z:</b>	Mando fino:0,3 mm/R Mando toscó:4 mm/R

Fuente: (Zeiss, 2024)

### 2.2.7 Minimicroscopios para smartphones

Es un microscopio óptico adaptable para dispositivos móviles con cámara digital caracterizado porque comprende una lente de diámetro de 3 mm que actúa de sistema objetivo, un circuito de iluminación con diodo emisor de luz (LED), una fuente de energía, un potenciómetro para regular la intensidad de la luz que hace además de resistencia y un soporte ajustable al celular para contener los elementos anteriormente mencionados (Vilca & Charca, 2019)

## Figura 9

### *Minimicroscopio de amplio aumento para smartphones*

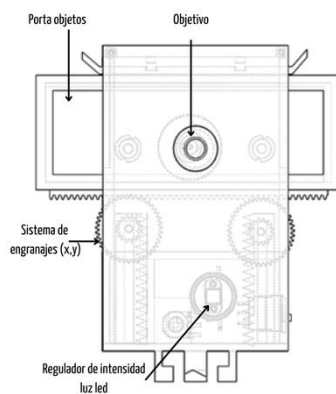


Fuente: (Indecopi, 2018)

En la Figura 9 se muestra el microscopio óptico diseñado para acoplarse a teléfonos inteligentes con cámara, la cual se distingue por incorporar tríos de sistemas especializados en iluminación y enfoque, así como componentes electrónicos. Además, cuenta con un soporte universal adaptable a una amplia gama de modelos de celulares. Este conjunto de elementos habilita al microscopio para ejecutar ampliaciones de imagen de hasta 800 veces el tamaño original (Indecopi, 2018).

## Figura 10

### *Sistema Óptico del minimicroscopio*



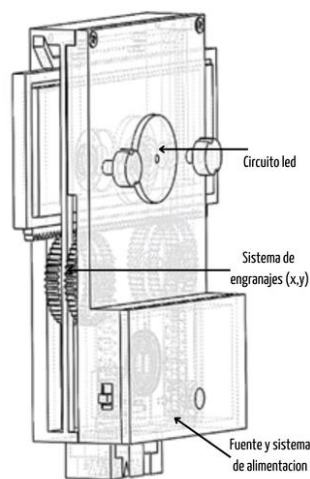
Fuente: (Vilca & Charca, 2019)

La Figura 10 muestra el Sistema Óptico, este sistema se compone de una lente con un foco de 3mm que actúa como objetivo. En lugar de un sistema ocular tradicional, se utiliza la lente integrada en las cámaras de los smartphones, convirtiendo el dispositivo en un microscopio compuesto. Este enfoque no solo reduce el tamaño del dispositivo, sino que también aprovecha las capacidades avanzadas de las cámaras de los teléfonos inteligentes actuales, permitiendo ampliaciones de hasta 800x (Vilca & Charca, 2019).

La Figura 11 muestra el sistema de iluminación: equipado con un circuito LED (diodo emisor de luz), este sistema utiliza una pila tipo botón de 1.5V como fuente de energía, complementada con un potenciómetro para regular la intensidad lumínica. La luz LED tiene un bajo consumo energético y una vida útil aproximada de 100000 horas, lo que garantiza la durabilidad del sistema de iluminación. Este diseño permite el uso del microscopio en una variedad de entornos, tanto de día como de noche, y en lugares con o sin acceso a electricidad (Vilca & Charca, 2019).

### Figura 11

#### *Sistema de iluminación del minimicroscopio*



Fuente: (Vilca & Charca, 2019)

## 2.2.8 Sensibilidad y Especificidad

### 2.2.8.1 Sensibilidad

La sensibilidad es la capacidad de una prueba diagnóstica para detectar correctamente a las personas que tienen la enfermedad (verdaderos positivos). Es decir, entre todas las personas que realmente están enfermas, la sensibilidad indica qué proporción de ellas es correctamente identificada como positiva por la prueba (Bravo & Cruz, 2015).

Fórmula:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{VP + FN}$$

- **VP** (Verdaderos Positivos) son los verdaderos positivos, es decir, los casos en los que la prueba identifica correctamente la presencia de la enfermedad.
- **FN** (Falsos Negativos) son los falsos negativos, es decir, los casos en los que la prueba no detecta la enfermedad, aunque la persona realmente la tiene.

Una alta sensibilidad es crucial cuando es fundamental no perder ningún caso positivo, como en el diagnóstico de enfermedades graves donde no identificar a un enfermo puede tener consecuencias severas. Por ejemplo, en el contexto de la tuberculosis, una prueba con alta sensibilidad garantizaría que la mayoría de las personas infectadas sean identificadas, permitiendo un tratamiento oportuno (Sierra, 2003).

### 2.2.8.2 Especificidad

La especificidad es la capacidad de una prueba diagnóstica para identificar correctamente a las personas que no tienen la enfermedad (verdaderos negativos). Es decir, entre todas las personas que realmente no están enfermas, la especificidad indica qué proporción de ellas es correctamente identificada como negativa por la prueba (Bravo & Cruz, 2015).

Fórmula:

$$\text{Especificidad} = \frac{VN}{VN + FP}$$

- **VN** (Verdaderos Negativos) son los verdaderos negativos, es decir, los casos en los que la prueba identifica correctamente la ausencia de la enfermedad.
- **FP** (Falsos Positivos) son los falsos positivos, es decir, los casos en los que la prueba indica que hay enfermedad cuando en realidad la persona está sana.

Una alta especificidad es crucial en situaciones donde es importante evitar falsos positivos, ya que un diagnóstico incorrecto puede llevar a tratamientos innecesarios, ansiedad, y costos adicionales. Por ejemplo, en el diagnóstico de una enfermedad donde el tratamiento tiene efectos secundarios significativos, una alta especificidad asegura que solo se trate a quienes realmente lo necesitan (Sierra, 2003).



### 2.2.9 Variabilidad entre Observadores

La variabilidad entre observadores se refiere a las diferencias que pueden surgir cuando diferentes observadores (o evaluadores) interpretan o miden la misma prueba diagnóstica. Esta variabilidad es crítica en estudios diagnósticos porque puede afectar la consistencia y la validez de los resultados obtenidos (Cerdeña & Villarreal, 2008).

En los estudios diagnósticos, es fundamental que los resultados sean reproducibles, es decir, que diferentes observadores lleguen a conclusiones similares cuando evalúan las mismas muestras o casos. Una alta variabilidad entre observadores puede indicar problemas con la interpretación de la prueba, la formación de los observadores o la claridad del método (Vizcaino, 2017).

- **Factores que pueden afectar la variabilidad entre observadores**
  - **Formación y experiencia:** Diferentes niveles de experiencia y formación entre los observadores pueden llevar a interpretaciones distintas.
  - **Claridad de los criterios diagnósticos:** Si los criterios no están bien definidos, es más probable que los observadores difieran en sus evaluaciones.
  - **Calidad de la prueba:** Pruebas que son difíciles de interpretar pueden aumentar la variabilidad entre observadores. Según (García et al., 2018)





### 2.2.9.1 Concordancia entre observadores

La concordancia entre observadores es la medida en la que dos o más observadores concuerdan en sus evaluaciones cuando interpretan la misma prueba. Es una métrica clave para evaluar la fiabilidad de un método diagnóstico (Cerde & Villarroel, 2008).

Una alta concordancia entre observadores es crucial para asegurar que los resultados de una prueba diagnóstica sean confiables y replicables. Sin concordancia, los resultados pueden variar ampliamente dependiendo de quién realice la evaluación, lo que compromete la validez del estudio (Vizcaíno, 2017).

### 2.2.9.2 Coeficiente Kappa

El coeficiente Kappa es una medida estadística diseñada para evaluar la concordancia entre dos o más observadores cuando categorizan o clasifican un conjunto de datos, ajustado por la concordancia que podría ocurrir por azar. Es una herramienta crucial en estudios diagnósticos y de investigación clínica, donde la consistencia entre diferentes evaluadores es esencial para asegurar la validez de los resultados (Abraira, 2001).

- **Cálculo del Coeficiente Kappa**

**Paso 1:** Para calcular Kappa, primero se construye una matriz de confusión que muestra la distribución de las clasificaciones realizadas por dos observadores en categorías predefinidas. Supongamos que tenemos dos observadores que categorizan a pacientes en "positivo" y "negativo" (Cerde & Villarroel, 2008).

**Tabla 3**

*Matriz de confusión*

	<b>Observador 2: Positivo</b>	<b>Observador 2: Negativo</b>	<b>Total</b>
<b>Observador 1: Positivo</b>	a	b	a + b
<b>Observador 1: Negativo</b>	c	d	c + d
<b>Total</b>	a + c	b + d	N

Fuente: (Abraira, 2001)

Donde:

- **a** = Verdaderos Positivos (acuerdo en positivo)
- **d** = Verdaderos Negativos (acuerdo en negativo)
- **b, c** = Desacuerdos entre observadores

**Paso 2:** Cálculo de la Concordancia Observada ( $P_o$ ).

$$P_o = \frac{a + d}{N}$$

Donde:

- **$P_o$**  es la proporción de casos donde los observadores están de acuerdo, ya sea en positivo o negativo.
- **$N$**  es el número de muestras

**Paso 3:** Cálculo de la Concordancia Esperada por Azar ( $P_e$ ). La ( $P_e$ ) se calcula sumando las probabilidades de acuerdo esperado en cada categoría (positiva y negativa).

$$P_e = \left( \frac{a + b}{N} \times \frac{a + c}{N} \right) + \left( \frac{c + d}{N} \times \frac{b + d}{N} \right)$$

**Paso 4:** Cálculo del Coeficiente Kappa ( $\kappa$ ). Finalmente, se calcula el coeficiente Kappa usando la siguiente fórmula (Abraira, 2001):

$$k = \frac{Po - Pe}{1 - Pe}$$

- Kappa < 0: Concordancia menor a la esperada por azar (indica desacuerdo sistemático entre observadores).
- Kappa = 0: Concordancia igual a la esperada por azar.

### Figura 12

*Valoración del coeficiente kappa*

Coeficiente kappa	Fuerza de la concordancia
0,00	Pobre ( <i>Poor</i> )
0,01 - 0,20	Leve ( <i>Slight</i> )
0,21 - 0,40	Aceptable ( <i>Fair</i> )
0,41 - 0,60	Moderada ( <i>Moderate</i> )
0,61 - 0,80	Considerable ( <i>Substantial</i> )
0,81 - 1,00	Casi perfecta ( <i>Almost perfect</i> )

Fuente: (Cerde & Villarroel, 2008)

#### 2.2.9.3 Curva ROC (Receiver Operating Characteristic)

La curva ROC es una representación gráfica que muestra el rendimiento de una prueba diagnóstica a través de todos los posibles puntos de corte. Se grafica la sensibilidad (tasa de verdaderos positivos) en función de la especificidad (tasa de falsos positivos) (Cerde & Cifuentes, 2012).

La importancia de la Curva ROC, permite evaluar la capacidad de discriminación de una prueba diagnóstica, es decir, su habilidad para diferenciar entre individuos con y sin la enfermedad en cuestión. Cuanto



más cerca esté la curva del ángulo superior izquierdo, mejor es la prueba (Cerde & Cifuentes, 2012).

**Área bajo la curva (AUC):** El área bajo la curva ROC (AUC) es una medida cuantitativa de la capacidad de discriminación de la prueba:

- $AUC = 1$ : Perfecta discriminación.
- $0.7 \leq AUC < 0.8$ : Buena discriminación.
- $0.5 \leq AUC < 0.7$ : Discriminación aceptable.
- $AUC = 0.5$ : Sin capacidad discriminativa (equivalente a azar).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el Servicio de Laboratorio y Patología Clínica del Hospital Carlos Monge Medrano de nivel II – 2 que pertenece al Ministerio de Salud la cual se localizado a 15° 28' 01" de latitud sur y 70° 07' 09" de longitud oeste sobre los 3,825 msnm, ubicado en la Av. Huancané s/n de la ciudad de Juliaca, provincia San Román, departamento de Puno.

#### 3.2 DISEÑO Y TIPO

El presente estudio es de tipo comparativo y analítico, con un diseño no experimental, transversal y observacional. Se evaluó la sensibilidad y especificidad del minimicroscopio de amplio aumento para smartphones en comparación con el microscopio tradicional Zeiss Primostar 1, en la identificación de parásitos. Se emplearon dos observadores para evitar sesgos de información. Los datos se recolectaron en un único momento, comparando los resultados obtenidos con ambos microscopios, sin intervención directa del investigador en el proceso diagnóstico

#### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

##### 3.3.1 Población

La población estuvo conformada por 290 muestras de heces, la cual fue un valor promedio aproximado trimestral según registros de atención, provenientes de pacientes que fueron atendidos en el área de microbiología del Servicio de Laboratorio y Patología Clínica del Hospital Carlos Monge Medrano de Juliaca.

### 3.3.2 Muestra

El tamaño de la muestra se calculó utilizando un método probabilístico y aplicando la fórmula para poblaciones finitas, obteniendo un total de 105 muestras de heces. Las muestras se recolectaron entre abril y julio de 2024, y su selección se realizó cumpliendo estrictamente con los criterios de inclusión.

Variables:

- $N$ : Tamaño de la población 290 muestras.
- $Z_{\alpha}$  : Nivel de confianza, para un 95% de confianza que es igual a 1.96.
- $p$ : Proporción esperada de éxito.  $p = 0.5$ .
- $q$ : Proporción de fracaso  $q = 1 - p = 0.5$
- $i$ : Margen de error. = 0.05 (5%).
- $n$ : Tamaño de muestra calculado antes de la corrección por finitud.
- $n_o$ : Tamaño de muestra optimizado para una población finita.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * N * p * q}{i^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

$$n = \frac{(1.96)^2 * 290 * 0.5 * 0.5}{(0.05)^2 * (290 - 1) + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = \frac{278.012}{1.6829}$$

$$n = 165.25$$

Tamaño de muestra optimizado:

$$n_o = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}}$$



$$n_o = \frac{165.25}{1 + \frac{165.25}{290}}$$

$$n_o = \frac{165.25}{1.5698}$$

$$n_o = 105.28$$

### 3.3.3 Criterios de inclusión

- Pacientes de cualquier edad.
- Muestras clínicas recolectadas dentro del período de estudio.
- Muestras que sean de suficiente en cantidad y calidad.
- Muestras que hayan sido correctamente conservadas y almacenadas.

### 3.3.4 Criterios de exclusión

- Muestras que no tengan suficiente material para ser analizadas.
- Muestras que ya hayan sido sometidas a procedimientos de diagnóstico que podrían alterar su estado o interferir con el análisis.

## 3.4 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Al no haber interacción directa con los pacientes, se dispensó la necesidad de obtener su consentimiento informado. pero se mantuvo la confidencialidad de la identificación del paciente y de los datos obtenidos.

## 3.5 METODOLOGÍA

### 3.5.1 Magnificación y resolución del minimicroscopio para smartphones

### a) Medición de magnificación

En la microscopía digital, la magnificación (o aumento) es un valor que puede variar dependiendo del tamaño de la imagen final. Por ello, para evaluar adecuadamente la capacidad de un microscopio digital, como el minimicroscopio para smartphones, es importante comparar su magnificación con la de microscopios convencionales (Farrés, 2023).

La magnificación total en un microscopio convencional se obtiene multiplicando la magnificación del objetivo por la del ocular. Sin embargo, en el caso de los microscopios digitales, como el minimicroscopio, que no utilizan oculares, la magnificación depende del objetivo y del tamaño del sensor de la cámara (Vilca & Charca, 2019).

- **Método:** Evaluación comparativa de la magnificación (Isac, 2008).
- **Fundamento:** La magnificación se refiere a la capacidad del microscopio para aumentar el tamaño de la imagen de un objeto. Para calcular la magnificación total de un microscopio, se utiliza la siguiente fórmula (Isac, 2008):

$$\text{Magnificación Total} = M_{\text{Objetivo}} * M_{\text{Ocular}}$$

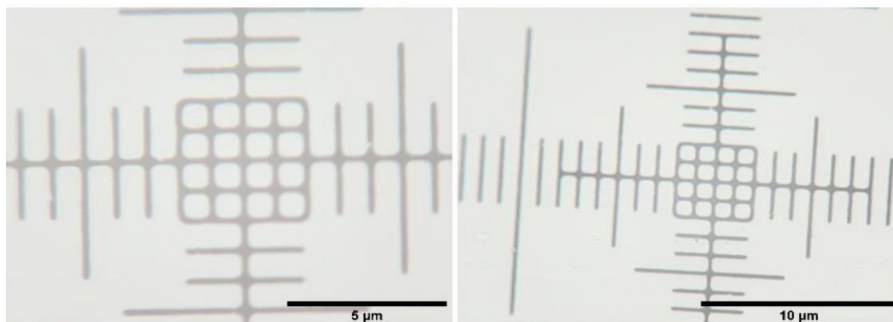
- **Procedimiento:**
  - Se utilizó un portaobjeto de calibración para medir la magnificación de manera precisa (Figura 13). La cámara del smartphone capturó imágenes de la muestra, y estas fueron analizadas utilizando el software ImageJ, que mide distancias en píxeles y micras, permitiendo insertar escalas en las imágenes para



- compararlas con las obtenidas por el microscopio ZEISS Primostar 1 (Cabrera et al., 2008).
- Se tiene los datos conocidos de las dos lentes las cuales son de 5x y 40x, las que conforman el objetivo, la magnificación total para el objetivo sería de 200x (Vilca & Charca, 2019).
  - La cámara del smartphone Samsung Galaxy A50 se utilizó como ocular la cual tiene 3 cámaras de 25 MP AF f/1.7, 5 MP FF f/2.2, 8 MP FF f/2.2, con una capacidad máxima de aumento digital de 4x (Samsung, 2024).
  - Se comparó la magnificación obtenida con un microscopio convencional ZEISS Primostar 1, que cuenta con una magnificación total similar de objetivo 40x y ocular 10x (Zeiss, 2024).
  - Para evaluar la efectividad, se tomaron imágenes de una muestra, donde se compararon las diferencias de magnificación entre ambos dispositivos.

### Figura 13

*Porta objeto de calibración utilizado para la calibración (1  $\mu\text{m}$ )*



Fuente: Elaboración propia.



## b) Medición de resolución

- **Método:** Determinación del Límite de Resolución mediante la Fórmula de Abbe (Navarro & Giner, 2018).
- **Fundamento:** La resolución se refiere a la capacidad del microscopio para distinguir dos puntos cercanos como separados. El límite de resolución se puede calcular utilizando la siguiente fórmula (Navarro & Giner, 2018):

$$d = \frac{0.61 * \lambda}{AN}$$

Donde:

- $d$  es límite de resolución.
  - $\lambda$  es la longitud de onda de la luz utilizada (en micrómetros).
  - $AN$  es la apertura numérica del objetivo.
- **Procedimiento:**
    - Se utilizó como fuente de la luz LED (diodo emisor de luz) la cual su longitud de onda es  $\lambda=550\text{nm}$  (0.55 micrómetros).
    - Se determinó la apertura numérica  $AN$  del sistema utilizando la fórmula:

$$AN = n * \sin(\theta)$$

Donde:

- $n$  es índice de refracción (1.0 aire)
- $\theta$  ángulo máximo de captura de la luz (las lentes utilizadas tienen  $17^\circ$ ).



$$\theta = 17^\circ$$

$$17 * \left(\frac{\pi}{180}\right) = 0.2924$$

$$AN = 0.29$$

- Reemplazamos la fórmula:

$$d = \frac{0.61 * \lambda}{AN}$$

$$d = \frac{0.61 * 0.55\mu m}{0.29}$$

$$d = \frac{0.3355\mu m}{0.29}$$

$$d = 1.16 \mu m$$

- Se compararon las imágenes obtenidas con ambos microscopios (Anexos).
- Asimismo, se empleó ImageJ y Fiji que son programas gratuitos y de código abierto, creados en el lenguaje de programación Java, que ofrecen una amplia gama de herramientas para analizar y procesar imágenes digitales (Schindelin et al., 2012). Estos programas fueron desarrollados por el I.N.S de Estados Unidos y son utilizados extensamente por científicos, investigadores y profesionales en diversos campos, como biología, medicina, ciencias de la vida, ciencias de materiales, entre otros (Cabrera et al., 2008).

### 3.5.2 Análisis comparativo de sensibilidad y especificidad

- **Método:** Análisis comparativo con 2 observadores (Cerde & Villarroel, 2008).
- **Fundamento:** El análisis de sensibilidad y especificidad es crucial para evaluar la precisión diagnóstica de cualquier herramienta de diagnóstico. En este estudio, se comparará la sensibilidad y especificidad del minimicroscopio para smartphones con las del microscopio óptico convencional Zeiss Primostar 1 en la identificación de parásitos (Cerde & Cifuentes, 2012).

**Sensibilidad:** Este parámetro mide la capacidad del dispositivo para identificar correctamente las muestras positivas, es decir, aquellas que contienen el parásito. Un minimicroscopio con alta sensibilidad detecte incluso pequeñas cantidades de parásitos en las muestras, lo que es vital para asegurar que los casos positivos no pasen desapercibidos (Sierra, 2003).

**Especificidad:** Este parámetro evalúa la capacidad del dispositivo para identificar correctamente las muestras negativas, es decir, aquellas que no contienen el parásito. Una alta especificidad indica que el minimicroscopio tiene una baja tasa de falsos positivos, lo cual es importante para evitar diagnósticos erróneos que podrían llevar a tratamientos innecesarios (Sierra, 2003).

Ambos parámetros fueron evaluados mediante un análisis comparativo utilizando las mismas muestras clínicas. Esto permitirá determinar si el minimicroscopio para smartphones es capaz de ofrecer un



rendimiento diagnóstico similar al del microscopio Zeiss Primostar 1 (Vizcaíno, 2017).

- **Procedimiento:**

- a) **Recolección y preparación de muestras**

- Las muestras serán recolectadas siguiendo los criterios de inclusión y exclusión especificados.
    - Se analizaron 105 muestras optimizadas (55 positivas y 50 negativas). Para clasificar en muestras positivas y negativas se utilizó el método de Ritchie o de sedimentación por centrifugación y flotación descritos por Martínez et al. (2020).
    - Cada muestra fue preservada para el análisis microscópico que se realizó posteriormente, siguiendo los protocolos estándar de laboratorio, asegurando la correcta preservación y manejo estipulados en el manual de procedimientos de laboratorio para el diagnóstico de los parásitos intestinales del hombre (INS, 2003).

- b) **Análisis con Microscopio Óptico Convencional Zeiss Primostar**

- Cada grupo de muestra fue analizado por dos observadores para evitar el sesgo de la información (Martínez et al., 2021).
    - Los observadores fueron Biólogos con más de 10 años de colegiatura, que ejercen en laboratorios clínicos.
    - Las muestras se dividieron en 2 grupos: 55 muestras positivas para calcular la sensibilidad y 50 muestras negativas para calcular la especificidad.



- Cada Biólogo observó en tiempos diferentes para evitar el sesgo de observador y el sesgo de orden (Martínez et al., 2020).
- Los observadores realizaron la identificación de parásitos, registrando la presencia o ausencia de parásitos en cada muestra.

**c) Análisis con minimicroscopio para Smartphones**

- Se capacitó a los dos biólogos de manera uniforme en la manipulación del minimicroscopio según la figura 32.
- Las mismas muestras fueron analizadas nuevamente por los mismos observadores utilizando el minimicroscopio para smartphones.
- Se aleatorizaron nuevamente las muestras para evitar el sesgo de selección.
- Se siguieron los procedimientos posteriores del método de Ritchie (Puerta & Vicente, 2015), de identificación y registro utilizados en el microscopio convencional (Anexo).

**d) Cálculo de Sensibilidad y Especificidad para el Microscopio Zeiss Primostar 1**

- Los resultados de cada observador se organizan en una matriz de contingencia de 2x2 (Vizcaíno, 2017).
- La matriz tiene las siguientes categorías (Vizcaíno, 2017):
- Verdaderos Positivos (VP): Muestras positivas correctamente identificadas por Microscopio Zeiss Primostar1.

- Falsos Negativos (FN): Muestras positivas que fueron incorrectamente identificadas como negativas por el Microscopio Zeiss Primostar 1.
- Verdaderos Negativos (VN): Muestras negativas correctamente identificadas por el Microscopio Zeiss Primostar 1.
- Falsos Positivos (FP): Muestras negativas que fueron incorrectamente identificadas como positivas por el Microscopio Zeiss Primostar 1.

**Tabla 4**

*Modelo de matriz de contingencia para los dos microscopios*

<b>Resultado Verdadero</b>	<b>Muestras Positivas</b>	<b>Muestras Negativas</b>	<b>Total</b>
<b>Positivo (55)</b>	VP	FN	55
<b>Negativo (50)</b>	FP	VN	50
<b>Total</b>	55	50	105

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.3 Evaluación de variabilidad entre observadores aplicando el coeficiente Kappa, y empleabilidad la curva ROC

#### a) Cálculo curva ROC

- **Método:** Análisis de la curva ROC (Cerdeira & Cifuentes, 2012).
- **Fundamento:** La curva ROC es una herramienta gráfica que se utiliza para evaluar el rendimiento de un modelo de clasificación o un test diagnóstico. Representa la relación entre la sensibilidad (verdaderos positivos) y 1 - especificidad (falsos positivos) a través de diferentes umbrales de decisión. El área bajo la curva (AUC) proporciona una medida única del rendimiento

del test: un AUC de 1 indica un modelo perfecto, mientras que un AUC de 0.5 indica un modelo que no tiene capacidad discriminativa, similar a una elección aleatoria (Cerde & Cifuentes, 2012).

La curva ROC permite visualizar cómo varía la sensibilidad y la especificidad al cambiar el umbral de decisión. Esto es particularmente útil en la evaluación de pruebas diagnósticas, ya que ayuda a identificar el punto de corte óptimo que maximiza la sensibilidad y la especificidad. En el contexto del estudio, de la comparación entre el microscopio ZEISS Primostar 1 y el minimicroscopio se puede realizar al analizar sus respectivas curvas ROC, lo que permitirá determinar cuál de los dos métodos es más efectivo en la identificación de los organismos de interés (Cerde & Cifuentes, 2012).

- **Procedimiento:**

El tamaño de muestra se determinó utilizando el método probabilístico, aplicando la fórmula para poblaciones finitas. Se calculó un tamaño de muestra de 105 muestras de heces, siguiendo estrictamente los criterios de inclusión (Aguilar, 2005).

La fórmula utilizada para calcular el tamaño de muestra fue (Aguilar, 2005):

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * N * p * q}{i^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Después de la corrección por finitud, el tamaño de muestra optimizado  $n_o$  se calculó como (Badii et al., 2008):



$$n_o = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}}$$

Para evaluar la sensibilidad y especificidad de ambos dispositivos (ZEISS Primostar 1 y el minimicroscopio), se construyeron matrices de contingencia para cada uno de los observadores (Vizcaíno, 2017).

Luego se realizó un análisis de la curva ROC para cada observador y para cada dispositivo. La curva ROC permite evaluar el rendimiento de las pruebas diagnósticas, mostrando la relación entre la sensibilidad y 1 - especificidad para diferentes puntos de corte (Cerde & Cifuentes, 2012).

Área Bajo la Curva (AUC): La AUC se utilizó como un indicador de la precisión diagnóstica global. Un AUC cercano a 1 indica una alta capacidad de discriminación de la prueba (Cerde & Cifuentes, 2012).

Los puntos de corte se seleccionaron para maximizar la sensibilidad y la especificidad, y se presentaron los valores de AUC para cada dispositivo.

#### **b) Cálculo Kappa para los 2 observadores con microscopio ZEISS Primostar 1**

- **Método:** Análisis del coeficiente kappa (Cerde & Villarroel, 2008).
- **Fundamento:** El coeficiente Kappa de Cohen es una medida que ajusta la concordancia observada entre dos evaluadores, teniendo en cuenta el acuerdo que podría ocurrir por azar. Su propósito es proporcionar una evaluación más precisa de la concordancia que simplemente calcular la proporción de coincidencias entre los evaluadores (Abraira, 2001).



- **Procedimiento:** Se realizó el cálculo según la fórmula de kappa sugerido por Abraira (2001).

$$k = \frac{Po - Pe}{1 - Pe}$$

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 CAPACIDAD DE MAGNIFICACIÓN Y RESOLUCIÓN DEL MINIMICROSCOPIO PARA SMARTPHONES

##### 4.1.1 Capacidad de Magnificación

En este estudio, se determinó que el minimicroscopio para smartphones alcanzó una magnificación de 800x, mientras que el microscopio ZEISS Primostar 1 alcanzó 1000x. A pesar de la diferencia en la magnificación, ambos dispositivos fueron capaces de identificar la estructura general de los parásitos, aunque el minimicroscopio presentó una ligera pérdida de claridad a su máxima magnificación (Figura 16). Estos resultados son consistentes con investigaciones previas que han explorado el uso de minimicroscopios para aplicaciones biomédicas.

Por ejemplo, Zhang et al. (2015) desarrollaron un minimicroscopio de fluorescencia ajustable que alcanzó aumentos entre 80x y 600x, destacando la capacidad de adaptar la magnificación según las necesidades de la aplicación. Aunque su dispositivo no alcanzó los 800x como el minimicroscopio utilizado en este estudio, la variabilidad en las opciones de magnificación permitió una gran flexibilidad en la observación de muestras biológicas.

Asimismo, Linder et al. (2013) documentaron el uso de cámaras modificadas, como webcams y cámaras de teléfonos móviles, para el diagnóstico de infecciones parasitarias mediante la identificación de huevos de *Schistosoma haematobium*. Su minimicroscopio, basado en una cámara web, fue capaz de



obtener imágenes diagnósticas precisas a través de una técnica de visión artificial, aunque su capacidad de magnificación no superó los 400x. Este rango de magnificación es inferior al de los dispositivos utilizados en el presente estudio, pero demostró ser eficaz para aplicaciones de bajo costo en entornos con recursos limitados.

Por otro lado, Koo et al. (2012) desarrollaron un minimicroscopio que utilizó aumentos de 100x y 400x para la observación de células en cultivos. Aunque su sistema no alcanzó los niveles de magnificación observados en el presente estudio, los autores destacaron la utilidad de su dispositivo para monitorear el comportamiento celular en tiempo real, lo que subraya la versatilidad de los minimicroscopios en diferentes campos biomédicos.

Aunque el minimicroscopio para smartphones en este estudio presentó una ligera pérdida de claridad a su máxima magnificación, los hallazgos concuerdan con la literatura existente, que sugiere que los minimicroscopios pueden alcanzar niveles de magnificación suficientes para el diagnóstico y monitoreo en una variedad de aplicaciones. Sin embargo, la magnificación y claridad óptica varían significativamente entre dispositivos y aplicaciones específicas, como se ha demostrado en estudios previos

#### **4.1.2 Capacidad de Resolución**

El límite de resolución calculado para el minimicroscopio fue de 1.16  $\mu\text{m}$ , mientras que para el microscopio ZEISS Primostar 1 fue de 0.25  $\mu\text{m}$ , como se observa en las comparaciones de imágenes en los Anexos (Figura 17-B y E). El ZEISS Primostar 1, gracias a su sistema óptico de corrección infinita (CFI), logra mantener los rayos de luz paralelos antes de ingresar al objetivo, lo que corrige

aberraciones cromáticas y la curvatura del campo de la imagen (Zeiss, 2024). Estas características permiten que el ZEISS resuelva detalles más finos, como la morfología del parásito *Chilomastix mesnili*, comparado con el minimicroscopio, el cual mostró limitaciones significativas en la resolución de detalles.

El diseño robusto y las mejoras ópticas del ZEISS Primostar 1, como su mayor apertura numérica y el uso de diafragmas que optimizan la iluminación, lo sitúan claramente por encima del minimicroscopio en términos de capacidad de resolución y funcionalidad. Por el contrario, el minimicroscopio carece de características esenciales, como un revólver de objetivos, lo que limita su versatilidad al momento de cambiar aumentos en una misma muestra (Indecopi, 2018). Si bien es útil en aplicaciones de bajo costo o educativas, su resolución limitada lo hace menos competitivo frente a microscopios profesionales.

En cuanto a dispositivos comparables, otros estudios también reflejan las limitaciones de los minimicroscopios. Farrés (2023) realizó un análisis del microscopio open-source, denominado Open Flexure, que demostró una capacidad de resolución de 1.89  $\mu\text{m}$ . Al igual que en el presente estudio, Farrés concluyó que los microscopios de bajo costo no pueden competir con la claridad y precisión de dispositivos profesionales como el Nikon Eclipse e100 y el Zeiss.

De forma similar, Zhang et al. (2015) reportaron que su minimicroscopio de fluorescencia, construido a partir de componentes comerciales, alcanzó una resolución de 2.19  $\mu\text{m}$ . Aunque esta resolución es inferior a la del ZEISS, el dispositivo demostró ser eficaz para aplicaciones biomédicas básicas, como la monitorización de viabilidad celular en tiempo real. Este estudio subraya la versatilidad de los minimicroscopios de bajo costo, aunque confirma que su



capacidad de resolución sigue estando por debajo de la de los microscopios tradicionales.

Linder et al. (2013), cuando modificaron una cámara web para convertirla en un minimicroscopio, lograron una resolución de 3.7  $\mu\text{m}$ , notablemente inferior a la observada en este estudio. A pesar de sus limitaciones, el dispositivo demostró ser útil para la identificación de huevos de *Schistosoma haematobium* en entornos con pocos recursos, destacando su potencial en aplicaciones de diagnóstico económico.

En el ámbito de los microscopios portátiles, un ejemplo educativo interesante es el Ludoscopio, diseñados por Kim et al. (2016). Este dispositivo emplea un teléfono celular para la observación de organismos microscópicos alcanzando una resolución de 4.4  $\mu\text{m}$ . El diseño del Ludoscopio, junto con dispositivos similares como los desarrollados por Wicks et al. (2018), se basa en principios ópticos simples pero efectivos, permitiendo la observación de células y estructuras intracelulares.

Por último, Koo et al. (2012) reportaron una resolución de 2.05  $\mu\text{m}$  con su minimicroscopio, utilizado para el monitoreo in situ de células. Aunque esta resolución es menor a la del microscopio ZEISS Primostar 1, fue suficiente para observar detalles intracelulares, lo que respalda el uso de estos dispositivos portátiles en investigaciones celulares y aplicaciones biomédicas simples.

En conjunto, estos estudios confirman que, si bien los minimicroscopios ofrecen una alternativa accesible y portátil, su capacidad de resolución es inferior a la de los microscopios de laboratorio convencionales. A pesar de estas

limitaciones, su uso puede ser adecuado en situaciones donde los costos o la portabilidad son factores determinantes

## 4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD

Se centró en realizar un análisis comparativo de la sensibilidad y especificidad del minimicroscopio para smartphones en comparación con el microscopio óptico convencional Zeiss Primostar 1 en la identificación de parásitos. Se utilizaron 105 muestras, clasificadas en 55 positivas y 50 negativas, que fueron analizadas por dos observadores expertos en diferentes tiempos para evitar sesgos.

Se utilizó modelo de matriz de contingencia según la Tabla 4.

**Tabla 5**

*Sensibilidad y Especificidad interobservadores*

Observador	Dispositivo	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)
Observador 1	Zeiss Primostar 1	98.18	100
Observador 1	minimicroscopio	85.45	98
Observador 2	Zeiss Primostar 1	96.36	100
Observador 2	minimicroscopio	86.79	100

Nota: Datos basados en las tablas 10, 11, 12 y 13

Fuente: Elaboración propia.

### 4.2.1 Sensibilidad y especificidad para el microscopio Zeiss Primostar 1 y el minimicroscopio

La Tabla 5 refleja que el Zeiss Primostar 1 superó en sensibilidad al minimicroscopio, con valores del 98.18% y 96.36% para el Observador 1 y 2, respectivamente. En comparación, el minimicroscopio alcanzó una sensibilidad de 85.45% para el Observador 1 y de 86.79% para el Observador 2. Estos datos



reflejan que, si bien la sensibilidad del minimicroscopio es aceptable, sigue estando por debajo del umbral de 90%, considerado el mínimo recomendado en diagnósticos clínicos según Corripio et al. (2010).

La capacidad limitada de resolución del minimicroscopio (1.16  $\mu\text{m}$ ), en comparación con el Zeiss Primostar 1 (0.25  $\mu\text{m}$ ), explica en parte las dificultades en la detección de parásitos de menor tamaño, como *Endolimax nana*, *Iodamoeba butschlii* y *Chilomastix mesnili* (Llop et al., 2001; López & Pérez, 2011), los cuales presentan tamaños entre 6 y 12 micras. Este hallazgo es consistente con estudios previos que demuestran que la baja resolución limita la observación de detalles morfológicos cruciales para un diagnóstico preciso, lo que puede incrementar el riesgo de falsos negativos (Bravo & Cruz, 2015). A pesar de estas limitaciones, la alta especificidad del minimicroscopio (98% y 100% para los observadores 1 y 2, respectivamente) sugiere que este dispositivo puede ser útil en contextos de bajos recursos, donde el acceso a microscopios convencionales es limitado, aunque su uso debería ser complementario y no sustitutivo del microscopio óptico convencional, especialmente en la identificación de organismos pequeños (Mazo, 2019).

Estudios adicionales refuerzan esta conclusión. Por ejemplo, Linder et al. (2013) desarrollaron un método basado en un minimicroscopio para la detección de inflamación pulmonar, logrando una precisión general del 95%, con sensibilidades y especificidades de 94.25% y 95.89%, respectivamente. Aunque el contexto diagnóstico es diferente (pulmonar en lugar de parasitario), el estudio respalda la eficacia de los minimicroscopios en escenarios clínicos específicos cuando se complementan con herramientas tecnológicas avanzadas, como redes neuronales convolucionales para el análisis de imágenes.



Por otra parte, Ghaderinia et al. (2024), también demostraron el potencial de los minimicroscopios para aplicaciones de diagnóstico, utilizando dispositivos portátiles para la detección de quistes de *Schistosoma haematobium*. Aunque la sensibilidad del sistema de visión artificial inicial fue baja (26%), un segundo algoritmo más complejo alcanzó una sensibilidad del 71% y una especificidad cercana al 100%, lo que subraya la importancia de optimizar los algoritmos de procesamiento de imágenes para mejorar el rendimiento de estos dispositivos en aplicaciones clínicas.

En resumen, si bien el minimicroscopio tiene una sensibilidad inferior a la del Zeiss Primostar 1 y presenta limitaciones en la identificación de parásitos de menor tamaño, estudios como los de Linder et al. (2013) y Ghaderinia et al. (2024) demuestran que su uso en contextos clínicos puede ser válido si se complementa con tecnologías avanzadas de análisis de imágenes. Sin embargo, en el ámbito parasitario, el microscopio óptico convencional sigue siendo preferido cuando se requiere una alta precisión en la detección, especialmente para minimizar los falsos negativos.

## **4.3 EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD ENTRE OBSERVADORES Y EL USO DE LA CURVA ROC PARA LA EVALUACIÓN DE SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD**

### **4.3.1 Análisis de la curva ROC**

#### **a) Área bajo la curva (AUC) para el Observador 1**

Los resultados obtenidos (Tabla 6) para el Observador 1 muestran un excelente rendimiento para ambos dispositivos. El microscopio Zeiss Primostar 1 presenta un AUC de 0.991 tal como muestra en la Tabla 6, lo que indica una

capacidad casi perfecta para discriminar entre casos positivos y negativos. Esto significa que el ZEISS Primostar 1 ofrece un rendimiento excepcional en términos de sensibilidad y especificidad, lo cual es esperable dado su precisión y calidad de imagen.

**Tabla 6**

*Área bajo la curva ROC del observador 1*

Variables de resultado de prueba	Área	Desv. Error	Significación asintótica	95% de intervalo de confianza asintótico	
				Límite inferior	Límite superior
<b>Zeiss Primostar 1</b>	.991	.011	.000	.970	1.011
<b>minimicroscopio</b>	.926	.029	.000	.869	.983

Nota: Desv. Error (Desviación estándar del error), Área (Área bajo la curva ROC)

Fuente: Elaboración propia, matriz de contingencia generado en SPSS V. 29.0.2.0

**Tabla 7**

*Coordenadas de la curva ROC para el observador 1*

Variables de resultado de prueba	Positivo si es mayor o igual que	Sensibilidad	1 - Especificidad
<b>Zeiss Primostar 1</b>	-1.00	1.000	1.000
	0.50	0.982	0.000
	2.00	0.000	0.000
<b>minimicroscopio</b>	-1.00	1.000	1.000
	0.50	0.854	0.020
	2.00	0.000	0.000

Nota: Positivo si es mayor o igual que, representa el punto de corte para la prueba diagnóstica.

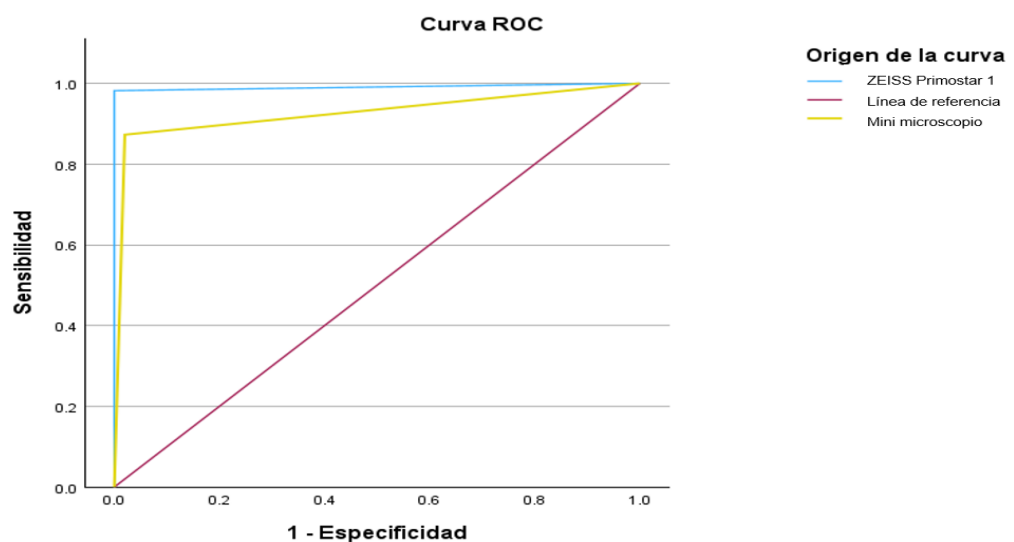
Fuente: Elaboración propia, matriz de contingencia generado en SPSS V. 29.0.2.0

En cuanto a la evaluación del minimicroscopio de la Tabla 6, el AUC es de 0.926, lo que indica una muy buena capacidad discriminativa. Aunque es ligeramente inferior al AUC del ZEISS Primostar 1, lo cual sugiere que el minimicroscopio tiene un rendimiento notable en la identificación de organismos.

Sin embargo, la desviación estándar más alta (0.029 frente a 0.011) sugiere que el minimicroscopio tiene una mayor variabilidad en su desempeño, lo que podría estar relacionado con limitaciones en la resolución de imágenes o en la capacidad del observador para interpretar correctamente las muestras más complejas.

### Figura 14

*Curva ROC del observador 1 con microscopio ZEISS Primostar 1 frente al minimicroscopio*



Fuente: Elaboración propia, Gráfico generado en SPSS V. 29.0.2.0.

### b) Área bajo la curva (AUC) para el Observador 2

En el caso del Observador 2 (Tabla 8), los resultados siguen una tendencia similar a la Figura 14. El microscopio ZEISS Primostar 1 obtuvo un AUC de 0.982, confirmando nuevamente su alta precisión diagnóstica. Al igual que para el Observador 1, esto refuerza la confiabilidad del ZEISS Primostar 1 en la identificación precisa de parásitos.

**Tabla 8***Análisis de la Área bajo la curva ROC del observador 2*

Variables de resultado de prueba	Área	Desv. Error	Significación asintótica	95% de intervalo de confianza asintótico	
				Límite inferior	Límite superior
<b>Zeiss Primostar 1</b>	0.982	0.015	0.000	0.953	1.011
<b>minimicroscopio</b>	0.936	0.027	0.000	0.883	0.989

Nota: Desv. Error (Desviación estándar del error), Área (Área bajo la curva ROC)

Fuente: Elaboración propia, matriz de contingencia generado en SPSS V. 29.0.2.0

**Tabla 9***Coordenadas de la curva ROC para el observador 2*

Variables de resultado de prueba	Positivo si es mayor o igual que	Sensibilidad	1 - Especificidad
<b>Zeiss Primostar 1</b>	-1.00	1.000	1.000
	0.50	0.963	0.000
	2.00	0.000	0.000
<b>minimicroscopio</b>	-1.00	1.000	1.000
	0.50	0.867	0.000
	2.00	0.000	0.000

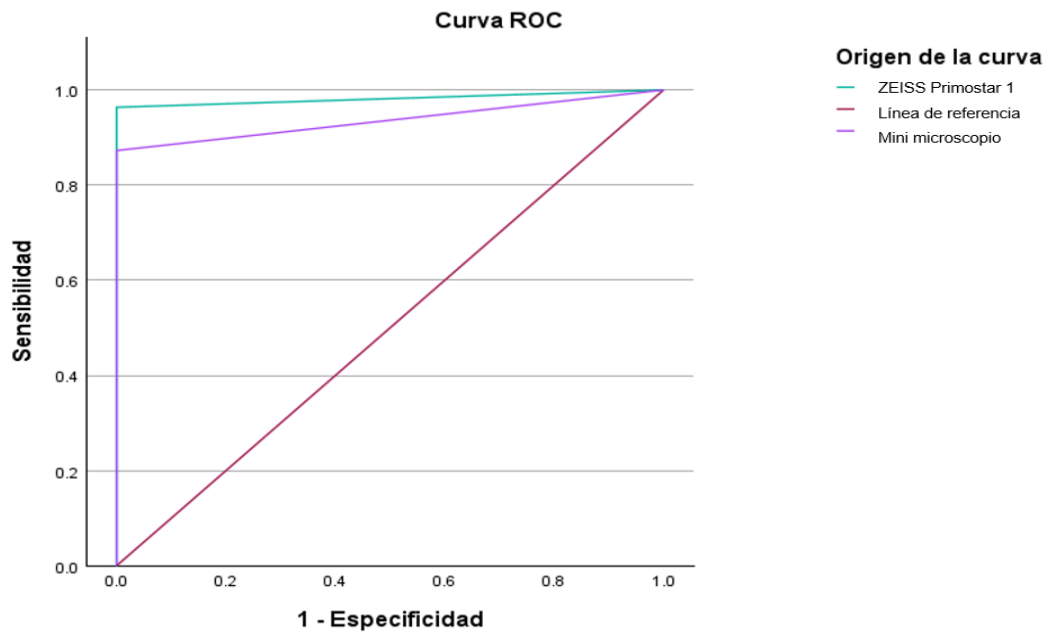
Nota: Positivo si es mayor o igual que (Representa el punto de corte para la prueba diagnóstica).

Fuente: Elaboración propia, matriz de contingencia generado en SPSS V. 29.0.2.0

El minimicroscopio mostró un AUC de 0.936 para el Observador 2 (Tabla 8), lo que indica una capacidad discriminativa muy buena, aunque ligeramente inferior a la obtenida por el ZEISS Primostar 1. A pesar de esto, es importante destacar que el minimicroscopio sigue siendo una herramienta válida, aunque con ciertas limitaciones comparativas.

**Figura 15**

*Curva ROC del observador 2 con microscopio ZEISS Primostar 1 frente al minimicroscopio*



Fuente: Elaboración propia, Grafico generado en SPSS V. 29.0.2.0.

**c) Curva ROC**

Al observar las coordenadas de la curva ROC para ambos dispositivos (Figura 14 y 15), podemos analizar cómo varían la sensibilidad y la especificidad a diferentes umbrales de decisión. Para ambos observadores, el microscopio ZEISS Primostar 1 muestra una sensibilidad perfecta (1.000) con una especificidad también perfecta en el punto de corte de -1.00 (Tabla 7 y 9). A medida que se incrementa el punto de corte, la sensibilidad se mantiene alta, lo que sugiere que el ZEISS Primostar 1 es altamente eficaz para detectar organismos incluso en puntos de corte más conservadores.

En el caso del minimicroscopio, el promedio de la sensibilidad es igualmente perfecta en el punto de corte de -1.00, pero disminuye a 0.854 y 0.867 respectivamente para cada observador, para un punto de corte de 0.50 (Tabla 7 y



9), indicando una leve disminución en su capacidad de detección en comparación con el ZEISS Primostar 1.

Estos resultados son consistentes con investigaciones previas sobre el uso de dispositivos móviles y microscopios portátiles en diagnósticos clínicos y educativos. Villanueva (2021), utilizó un minimicroscopio y un sistema inteligencia basado en redes neuronales para la detección de melanoma, logrando una precisión de 92.85% y un AUC de 0.729, lo que demuestra que, aunque estos dispositivos son útiles en ciertos contextos, su capacidad discriminativa puede verse limitada en comparación con métodos convencionales de diagnóstico. Del mismo modo, Maheswari et al. (2018) emplearon el Foldscope, un microscopio portátil, para la identificación de patógenos en hojas de tomate, obteniendo un AUC de 0.97 mediante el uso de algoritmos de aprendizaje automático, lo que respalda la viabilidad de estos dispositivos para fines específicos, pero subraya que su rendimiento puede depender del tipo de algoritmo y la calidad de las imágenes obtenidas.

Sin embargo, algunos estudios, como los metaanálisis realizados por Osei et al. (2021), revelaron que los dispositivos móviles vinculados a diagnósticos en el punto de atención (POC) pueden tener un desempeño moderado en términos de sensibilidad y especificidad. Según Osei, en África subsahariana estos dispositivos presentaron una sensibilidad promedio de 49.9% y una especificidad de 53.5%, lo que indica que, aunque son útiles en áreas con recursos limitados, su capacidad diagnóstica no es comparable con la de los microscopios convencionales.



Tambekar et al. (2020), compararon dos métodos microscópicos para la detección de infecciones parasitarias en mujeres prenatales, en donde encontraron que el Foldscope tenía una sensibilidad limitada en comparación con los microscopios convencionales, con un AUC de 0.9719. Estos hallazgos resaltan que, aunque dispositivos portátiles como el Foldscope pueden ser útiles en trabajos de campo o en áreas con recursos limitados, aún enfrentan barreras significativas en cuanto a su magnificación y capacidad de resolución, lo que limita su precisión diagnóstica en comparación con equipos tradicionales.

En consecuencia, si bien el minimicroscopio evaluado en este estudio mostró una buena capacidad discriminativa y es una herramienta prometedora para contextos educativos y aplicaciones en áreas remotas, su capacidad sigue siendo inferior a la de los microscopios convencionales como el Zeiss Primostar 1. Estos hallazgos coinciden con la literatura que destaca tanto las ventajas como las limitaciones de los dispositivos móviles y portátiles en el ámbito del diagnóstico, señalando la necesidad de continuar mejorando su precisión para aplicaciones clínicas más exigentes (Osei, 2021; Prabhakar, 2018; Tambekar, 2020; Vega Huerta, 2020).

#### **4.3.2 Concordancia entre observadores con el microscopio ZEISS**

##### **Primostar**

Para el microscopio ZEISS Primostar 1, el valor del coeficiente Kappa entre los dos observadores fue de 0.6624 (Tabla 14). Según Gordillo et al. (2009), los estándares generalmente aceptados para la interpretación del Kappa, indican un nivel de concordancia sustancial. Este resultado sugiere que ambos observadores lograron un alto nivel de acuerdo en sus evaluaciones utilizando el



microscopio ZEISS Primostar 1, lo que refuerza la fiabilidad de este dispositivo en el diagnóstico microscópico de parásitos. La baja proporción de desacuerdo en un 1.9% (Tabla 14) refuerza la idea de que el microscopio proporciona imágenes claras y fáciles de interpretar para los observadores.

#### **4.3.3 Concordancia entre observadores con el minimicroscopio**

Al evaluar la concordancia entre observadores utilizando el minimicroscopio, el valor de Kappa fue de 0.7850 (Tabla 15), lo que indica un nivel de concordancia sustancial a casi perfecta. Aunque este valor es más alto que el obtenido con el microscopio ZEISS Primostar 1, la matriz de contingencia (Tabla 15) revela una mayor cantidad de discordancias entre los observadores (6.7% del total de observaciones).

#### **4.3.4 Concordancia entre ZEISS Primostar 1 y el minimicroscopio**

Los resultados obtenidos en este estudio revelan diferencias importantes en los niveles de concordancia entre observadores y dispositivos de microscopía, destacando las fortalezas y limitaciones tanto del microscopio ZEISS Primostar 1 como del minimicroscopio. El coeficiente Kappa entre los dos observadores utilizando el microscopio ZEISS Primostar 1 fue de 0.6624, lo que, según Gordillo et al. (2009), indican un nivel de concordancia sustancial. Este resultado sugiere que el ZEISS Primostar 1 es un dispositivo confiable, proporcionando imágenes claras que facilitan la interpretación y el acuerdo entre observadores.

En contraste, el minimicroscopio, aunque obtuvo un coeficiente Kappa más alto de 0.7850, mostró un porcentaje más alto de discrepancias entre observadores (6.7%), lo que podría atribuirse a las limitaciones inherentes al dispositivo, como la menor calidad de las imágenes para objetos de pequeño





tamaño o morfología menos distintiva. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que muestran la importancia de la calidad de las imágenes para la precisión diagnóstica. Por ejemplo, Martínez et al. (2021), cuando validaron la microscopía de fluorescencia LED (MF LED) para el diagnóstico de tuberculosis, encontró que esta técnica tenía una mayor sensibilidad (77.55%) en comparación con la microscopía de campo brillante (MCB), con una concordancia buena ( $K = 0.6773$ ) entre MF LED y MCB. Estos resultados subrayan cómo las mejoras tecnológicas en la calidad de imagen pueden aumentar la fiabilidad y sensibilidad diagnóstica.

La discrepancia observada entre el ZEISS Primostar 1 y el minimicroscopio es particularmente notable. Para el primer observador, el coeficiente Kappa entre ambos dispositivos fue de 0.206, lo que indica una concordancia ligera. Esta diferencia podría explicarse por la calidad de imagen superior del ZEISS Primostar 1, lo que facilita una mayor precisión en la detección de organismos pequeños o de morfología compleja, en comparación con el minimicroscopio. Esto coincide con los hallazgos de Lilian (2021), donde la mayor calidad de las imágenes generadas por la MF LED también condujo a un mejor desempeño diagnóstico en comparación con la MCB.

El segundo observador, sin embargo, mostró una mayor concordancia entre ambos dispositivos, con un Kappa de 0.430, lo que sugiere una concordancia moderada. Esto podría indicar una mayor adaptación del segundo observador al uso del minimicroscopio, o una mayor capacidad para interpretar visualmente las imágenes generadas por este dispositivo. Martínez et al. (2021) también destacaron que la capacitación y adaptación a nuevas técnicas, como la MF LED, puede influir en la precisión diagnóstica, lo que sugiere que la experiencia del



observador con el dispositivo puede ser un factor determinante en los resultados obtenidos.

En general, los resultados de este estudio subrayan la necesidad de mejorar las tecnologías portátiles de microscopía para igualar el desempeño de los microscopios convencionales. Aunque el minimicroscopio mostró niveles aceptables de concordancia, su precisión sigue siendo inferior en comparación con dispositivos más avanzados como el ZEISS Primostar 1. Estos hallazgos coinciden con la literatura previa, que señala la importancia de la mejora tecnológica para maximizar la sensibilidad y especificidad de los dispositivos diagnósticos portátiles (Lilian, 2021).



## V. CONCLUSIONES

- Se determinó que el minimicroscopio para smartphones ofrece una magnificación de 800x, en comparación con los 1000x del Zeiss Primostar 1, y una resolución de 1.16  $\mu\text{m}$ . Sin embargo, el minimicroscopio enfrenta dificultades para identificar parásitos de menos de 12  $\mu\text{m}$ , lo que compromete su precisión diagnóstica. Aunque es adecuado para fines educativos, su rendimiento es limitado en aplicaciones que requieren la detección de detalles finos, lo que restringe su utilidad en diagnósticos clínicos que demandan una mayor capacidad óptica.
- Se concluyó que el microscopio Zeiss Primostar 1 mostró mejor rendimiento que el minimicroscopio en sensibilidad (98.18% vs. 85.45%) y especificidad (100% vs. 98%). Aunque el minimicroscopio tiene buena especificidad, su menor sensibilidad afecta su capacidad para detectar correctamente parásitos en muestras clínicas. Esto limita su utilidad en entornos donde se requiere un diagnóstico exacto, especialmente en la identificación de parásitos más pequeños.
- Se determinó que la concordancia entre el minimicroscopio y el Zeiss Primostar 1 varía entre los observadores. El coeficiente Kappa para el observador 1 fue de 0.206, lo que indica una concordancia leve. Por otro lado, el observador 2 mostró una concordancia moderada con un Kappa de 0.430, lo que sugiere una mejor adaptación al uso del minimicroscopio. A pesar de la mejor concordancia del observador 2, ambos coeficientes refuerzan que el minimicroscopio tiene limitaciones en comparación con el Zeiss en términos de fiabilidad diagnóstica entre observadores. Estos hallazgos sugieren que el minimicroscopio, si bien tiene potencial, aún no puede reemplazar a los dispositivos estándar en entornos de diagnóstico clínico donde se requiere alta precisión.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda explorar mejoras tecnológicas en el minimicroscopio para smartphones, como la integración de lentes con mayor poder de resolución y la incorporación de sistemas de iluminación más eficientes. Esto podría aumentar la capacidad del dispositivo para detectar detalles más finos de los parásitos, acercando su desempeño al de los microscopios tradicionales.
- Dado que el minimicroscopio mostró una precisión diagnóstica cercana al microscopio tradicional, se recomienda su uso complementario en entornos de atención primaria o en áreas rurales donde los recursos son limitados. Sin embargo, para confirmaciones diagnósticas críticas, es aconsejable validar los hallazgos con un microscopio convencional siempre que sea posible.
- Se recomienda el desarrollo de aplicaciones móviles complementarias que puedan mejorar la experiencia del usuario al utilizar el minimicroscopio. Estas aplicaciones podrían incluir algoritmos de inteligencia artificial para la identificación automática de parásitos, facilitando el diagnóstico rápido y preciso, especialmente en áreas de bajos recursos.
- Más allá de la identificación de parásitos, se sugiere explorar el uso del minimicroscopio en la detección de otras enfermedades, como la malaria, la tuberculosis u otras infecciones bacterianas. Esto permitiría ampliar su aplicabilidad en la medicina clínica.



## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraira, V. (2001). El índice kappa. *Sergemen - Medicina de Familia*, 27(5), 247-249.  
[https://doi.org/10.1016/S1138-3593\(01\)73955-X](https://doi.org/10.1016/S1138-3593(01)73955-X)
- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud Tabasco*, 11, 333-338. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>
- Álvarez, M., & Navarro, Í. (2022). Empleo de microscopio digital portátil en el diagnóstico de escabiosis. *Medicina Clínica*, 158(6), 299.  
<https://doi.org/10.1016/j.medcli.2021.10.019>
- Ayardulabi, R., Khamespanah, E., Abbasinia, S., & Ehtesabi, H. (2021). Point of care applications of smartphone based microscopy. *Sensors and Actuators A: Physical*, 331, 113048. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.113048>
- Badii, M., Castillo, J., & Guillen, A. (2008). Tamaño óptimo de la muestra. *Innovaciones de Negocios*, 5(1), 53-65. <http://eprints.uanl.mx/12491/1/A5.pdf>
- Blanco, Y., Hernández, M., Monroy, F., Amaya, I., Romero, M., & Devera, R. (2013). Control de calidad en el diagnóstico coproparasitológico en laboratorios clínicos públicos de ciudad Bolívar, Venezuela. *Saber*, 25(2), 166-175.  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-01622013000200006&lng=es&tlng=es.](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622013000200006&lng=es&tlng=es)
- Bogoch, I. I., Koydemir, H. C., Tseng, D., Ephraim, R. K. D., Duah, E., Tee, J., Andrews, J. R., & Ozcan, A. (2017). Evaluation of a mobile phone-based microscope for screening of *Schistosoma haematobium* infection in rural Ghana. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 96(6), 1468-1471.  
<https://doi.org/10.4269/ajtmh.16-0912>
- Boronat, R., & López, J. (2019). Una visión cercana de la microscopía en el Laboratorio de Educación Secundaria (1.a ed.). Consejería de Educación y Cultura. <http://www.educarm.es/publicaciones>
- Bravo, D., & Cruz, J. (2015). Estudios de exactitud diagnóstica: Herramientas para su Interpretación. *Revista Chilena de Radiología*, 21(4), 158-164.



- Cabrera, J., Salas, J., Guardado, J., & Juárez, J. (2008). Calibración de Retícula Ocular Micrométrica.
- Cerda, J., & Cifuentes, L. (2012). Uso de curvas ROC en investigación clínica. Aspectos teórico-prácticos. *Revista chilena de infectología*, 29(2), 138-141. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182012000200003>
- Cerda, J., & Villarroel, L. (2008). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista Chilena de Pediatría*, 79(1), 54-58.
- Corripio, I., Cisneros, M., & Ormaechea, T. (2010). Diagnóstico de las parasitosis intestinales mediante detección de coproantígenos. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 28(SUPPL. 1), 33-39. [https://doi.org/10.1016/S0213-005X\(10\)70006-9](https://doi.org/10.1016/S0213-005X(10)70006-9)
- D'Ambrosio, M. V., Bakalar, M., Bennuru, S., Reber, C., Skandarajah, A., Nilsson, L., Switz, N., Kamgno, J., Pion, S., Boussinesq, M., Nutman, T. B., & Fletcher, D. A. (2015). Point-of-care quantification of blood-borne filarial parasites with a mobile phone microscope. *Science Translational Medicine*, 7(286). <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aaa3480>
- Farrés, O. (2023). Desarrollo y análisis comparativo de un microscopio Open Flexure. Universidad politécnica de Catalunya.
- Garcia, L., Arrowood, M., Kokoskin, E., Paltridge, G., Pillai, D., Procop, G., Ryan, N., Shimizu, R., & Visvesvara, G. (2018). Guía práctica para laboratorios de microbiología clínica: diagnóstico de laboratorio de parásitos del tracto gastrointestinal. *Clinical Microbiology Reviews*, 31(1). <https://doi.org/10.1128/CMR.00025-17>
- Ghaderinia, M., Abadijoo, H., Mahdavian, A., Kousha, E., Shakibi, R., Taheri, S., Simaee, H., Khatibi, A., Moosavi, A., & Khayamian, M. (2024). Smartphone-based device for point-of-care diagnostics of pulmonary inflammation using convolutional neural networks (CNNs). *Scientific Reports*, 14(1), 6912. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54939-4>



- Gordillo, T., Jesús, J., Rodríguez, P., & Hugo, V. (2009). Cálculo de la fiabilidad y concordancia entre codificadores de un sistema de categorías para el estudio del foro online en e-learning. *Investigación Educativa*, 27(1), 89-103. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=283322804006>
- Guzman, M. (2015). Remoción de la aberración cromática lateral en imágenes de microscopía óptica de campo claro [Tesis doctoral]. Instituto Potosino De Investigación Científica Y Tecnológica, A.C. .
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (Indecopi). (2018). Catálogo de Inventos y Diseños Industriales 2018.
- Instituto Nacional de Salud. (2003). Manual de procedimientos de laboratorio para el diagnóstico de los parásitos intestinales del hombre (L. Lecca, Ed.; 37.a ed.). Instituto Nacional de Salud.
- Isac, L. (2008). Capítulo 2.- El microscopio óptico. (pp. 27-31).
- Kim, H., Gerber, L., Chiu, D., Lee, S., Cira, N., Xia, S., & Riedel, I. (2016). LudusScope: Accessible Interactive Smartphone Microscopy for Life-Science Education. *PLOS ONE*, 11(10), e0162602. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162602>
- Koo, K., Bae, H., Dokmeci, M., Hamilton, G., Bahinski, A., Kim, S., Ingber, D., & Khademhosseini, A. (2012). A mini-microscope for in situ monitoring of cells. *Lab on a Chip*, 12(20), 3976. <https://doi.org/10.1039/c2lc40345e>
- Koydemir, H. C., Coulibaly, J. T., Tseng, D., Bogoch, I. I., & Ozcan, A. (2019). Design and validation of a wide-field mobile phone microscope for the diagnosis of schistosomiasis. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 30, 128-129. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2018.12.001>
- Ledermann, W. (2012). ¿Quién las vio primero? *Revista chilena de infectología*, 29(3), 348-352. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182012000300017>
- Linder, E., Grote, A., Varjo, S., Linder, N., Lebbad, M., Lundin, M., Diwan, V., Hannuksela, J., & Lundin, J. (2013). On-Chip Imaging of Schistosoma haematobium Eggs in Urine for Diagnosis by Computer Vision. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 7(12), e2547. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002547>



- Llop, A., Valdés, M., & Zuazo, J. (2001). Microbiología y parasitología médicas (N. Casanovas, Ed.; 1.a ed.). Editorial Ciencias Médicas.
- Lopez, J., Martinez, R., & Sánchez, J. (2021). Microbiología y Parasitología Médicas de Tay (5.a ed.). Méndez Editores.
- López, M., & Pérez, M. (2011). Parasitosis intestinales. *Anales de Pediatría Continuada*, 9(4), 249-258. [https://doi.org/10.1016/S1696-2818\(11\)70035-X](https://doi.org/10.1016/S1696-2818(11)70035-X)
- Maheswari, P., Raja, P., & Ghangaonkar, M. (2018). Intelligent Disease Detection System for Early Blight of Tomato Using Foldscope: A Pilot Study. 2018 IEEE 4th International Symposium in Robotics and Manufacturing Automation (ROMA), 1-6. <https://doi.org/10.1109/ROMA46407.2018.8986736>
- Martínez, M., García, M., Chavez, M., & Sulleiro, E. (2020). Procedimiento de Microbiología Clínica (E. Cercenado Mansilla & R. Cantón Moreno, Eds.). Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Micro-biología Clínica (SEIMC).
- Martínez, M., Pedrera, N., García, G., Sardiñas, Mi., Mederoso, L., & Díaz, R. (2021). Validación de la microscopía de fluorescencia LED para el diagnóstico de tuberculosis en Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 52(2), 259-266.
- Martorell, J. (2019). Estudio y diseño de un microscopio low-cost para la detección a bajo coste de infecciones en las muestras de sangre [Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto, Escuela superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa.]. <https://core.ac.uk/download/pdf/294829268.pdf>
- Mazo, A. (2019). Microscopio simple: mucho más que una simple lupa. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16-2. <https://doi.org/https://doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2019.v16.i2.2401>
- Menocal, L., Caraballo, Y., Rosado, F., Fundora, H., Fundora, M., Venero, S., & Suárez, R. (2013). Prevalencia de parasitismo y control de la calidad en el diagnóstico de las parasitosis intestinales en 15 policlínicos de La Habana. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 51(3), 278-288.





[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032013000300006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032013000300006)

- Montalvo, C. (2010). Microscopia. [https://bct.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2018/08/2\\_microscopia.pdf](https://bct.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2018/08/2_microscopia.pdf)
- Navarro, D., & Giner, J. (2018). Manual Práctico de Biología Humana. Universidad Miguel Hernández. <https://innovacionumh.es/editorial/Manual%20Practico%20de%20Biologia%20Humana.pdf>
- Ormachea, O., & Villazón, A. (2017). Desarrollo de un microscopio de epifluorescencia de bajo costo. INVESTIGACION & DESARROLLO, 17(1), 5-14. <https://doi.org/10.23881/idupbo.017.1-1i>
- Osei, E., Nkambule, S., Vezi, P., & Mashamban, T. (2021). Systematic Review and Meta-Analysis of the Diagnostic Accuracy of Mobile-Linked Point-of-Care Diagnostics in Sub-Saharan Africa. Diagnostics, 11(6), 1081. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11061081>
- Pérez, I., Taito, I., González, C., Carvajal, C., Ariel, J., & Loézar, C. (2021). Cómo interpretar las pruebas diagnósticas. Medwave, 21(07), e8432-e8432. <https://doi.org/10.5867/medwave.2021.07.8432>
- Piqueras, J., & Faura, M. (1994). Principios básicos del Microscopio Electrónico de Barrido.
- Puerta, I., & Vicente, M. (2015). Parasitología en el laboratorio (1.a ed.). Área de Innovación y Desarrollo.
- Rodríguez, G., López, G., & Vilchis, A. (2022). El microscopio bajo mis manos: breve historia, funcionamiento y aplicaciones de la microscopia. Ciencia ergo-sum, 30(3). <https://doi.org/10.30878/ces.v30n3a9>
- Rühl, H. (2012, junio 11). Optical Microscopes: Some Basics. <https://www.leica-microsystems.com/science-lab/microscopy-basics/optical-microscopes-some-basics/>



- Samsung. (2024, agosto 10). Galaxy A50. <https://www.samsung.com/latin/smartphones/galaxy-a/galaxy-a50-blue-64gb-sm-a505gzbjtpa/>
- Sánchez, R., & Oliva, N. (2015). History of the microscope and its repercussion on Microbiology. *Humanidades Médicas*, 15(2), 355-372.
- Schindelin, J., Arganda, I., Frise, E., Kaynig, V., Longair, M., Pietzsch, T., Preibisch, S., Rueden, C., Saalfeld, S., Schmid, B., Tinevez, J., White, D., Hartenstein, V., Eliceiri, K., Tomancak, P., & Cardona, A. (2012). Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. *Nature Methods*, 9(7), 676-682. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2019>
- Sierra, F. (2003). La sensibilidad y especificidad: entendiendo su origen y utilidad real. *Rev Colomb Gastroenterol*, 18(3), 180-182.
- Tambekar, A., Burnase, N., Gaidhane, A., Fulzele, P., & Quazi, Z. (2020). Comparison of two microscopic methods for the detection of parasitic infection in antenatal women in selected areas Medical Science. *Medical Science*, 102, 24. [https://discoveryjournals.org/medicalsecience/current\\_issue/v24/n102/A16.htm](https://discoveryjournals.org/medicalsecience/current_issue/v24/n102/A16.htm)
- Vilca, D., & Charca, H. (2019). Mini microscopio de amplio aumento para smartphone con sistema de enfoque. Patente N° PE2018002265U 20181029. <https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=PE279121042&cid=P20-LRB3VV-55696-1>
- Villanueva, R. (2021). Sistema Inteligente basado en Redes Neuronales para la identificación de cáncer de piel de tipo Melanoma en imágenes de lesiones cutáneas [Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/4aad0f2f-c26f-462e-b6a4-9665a4bdd81c/content>
- Vivar, A. (2019). Microscopio simple: mucho más que una simple lupa. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(2). <https://doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2019.v16.i2.2401>



- Vizcaíno, G. (2017). Importancia del cálculo de la sensibilidad, la especificidad y otros parámetros estadísticos en el uso de las pruebas de diagnóstico clínico y de laboratorio. *Medicina y laboratorio*, 23, 365-386.
- Wicks, L., Cairns, G., Melnyk, J., Bryce, S., Duncan, R., & Dalgarno, P. (2018). EnLightenment: High resolution smartphone microscopy as an educational and public engagement platform. *Wellcome Open Research*, 2, 107. <https://doi.org/10.12688/wellcomeopenres.12841.2>
- Zeiss, P. (2024, julio 24). Su microscopio para el laboratorio rutinario y de enseñanza digital. <https://www.zeiss.com/microscopy/es/productos/microscopios-opticos/microscopios-widefield/primostar-1.html>
- Zhang, Y., Ribas, J., Nadhman, A., Aleman, J., Selimović, S., Leshner, S., Wang, T., Manoharan, V., Shin, S., Damilano, A., Annabi, N., Dokmeci, M., Takayama, S., & Khademhosseini, A. (2015). A cost-effective fluorescence mini-microscope for biomedical applications. *Lab on a Chip*, 15(18), 3661-3669. <https://doi.org/10.1039/C5LC00666J>

## ANEXOS

### ANEXO 1. Cálculos de Sensibilidad y Especificidad para los dos microscopios.

- **Calculo para el observador 1**

**Tabla 10**

*Matriz de contingencia para el observador 1 con el microscopio Zeiss Primostar 1*

<b>Resultado Verdadero</b>	<b>Positivo (Muestras)</b>	<b>Negativo (Muestras)</b>	<b>Total</b>
<b>Positivo (55)</b>	54	1	55
<b>Negativo (50)</b>	0	50	50
<b>Total</b>	53	52	105

Fuente: Elaboración propia.

- Se utilizo las fórmulas de sensibilidad y especificidad respectivamente.

$$S = \frac{VP}{VP + FN} \times 100 = \frac{54}{54 + 1} = \frac{54}{55} = 98.18\%$$

$$E = \frac{VN}{VN + FP} \times 100 = \frac{50}{50 + 0} = \frac{50}{50} = 100\%$$

- **Calculo para el observador 2**

**Tabla 11**

*Matriz de contingencia para el observador 2 con el microscopio Zeiss Primostar 1*

<b>Resultado Verdadero</b>	<b>Positivo (Muestras)</b>	<b>Negativo (Muestras)</b>	<b>Total</b>
<b>Positivo (55)</b>	53	2	55
<b>Negativo (50)</b>	0	50	50
<b>Total</b>	53	52	105

Fuente: Elaboración propia.

- Se utilizo las fórmulas de sensibilidad y especificidad respectivamente.

$$S = \frac{VP}{VP + FN} \times 100 = \frac{53}{53 + 2} = \frac{53}{55} = 96.36\%$$

$$E = \frac{VN}{VN + FP} \times 100 = \frac{50}{50 + 0} = \frac{50}{50} = 100\%$$

### Sensibilidad y Especificidad para el minimicroscopio

- **Calculo para el observador 1**

**Tabla 12**

*Matriz de contingencia para el observador 1 con el minimicroscopio*

<b>Resultado Verdadero</b>	<b>Positivo (Muestras)</b>	<b>Negativo (Muestras)</b>	<b>Total</b>
<b>Positivo (55)</b>	47	8	55
<b>Negativo (50)</b>	1	49	50
<b>Total</b>	48	57	105

Fuente: Elaboración propia.

$$S = \frac{VP}{VP + FN} \times 100 = \frac{47}{47 + 8} = \frac{47}{55} = 85.45\%$$

$$E = \frac{VN}{VN + FP} \times 100 = \frac{49}{49 + 1} = \frac{49}{50} = 98\%$$

- **Calculo para el observador 2**

**Tabla 13**

*Matriz de contingencia para el observador 2 con el minimicroscopio*

<b>Resultado Verdadero</b>	<b>Positivo (Muestras)</b>	<b>Negativo (Muestras)</b>	<b>Total</b>
<b>Positivo (55)</b>	46	7	55
<b>Negativo (50)</b>	0	50	50
<b>Total</b>	53	52	105

Fuente: Elaboración propia.



$$S = \frac{VP}{VP + FN} \times 100 = \frac{46}{46 + 7} = \frac{46}{53} = 86.79\%$$

$$E = \frac{VN}{VN + FP} \times 100 = \frac{50}{50 + 0} = \frac{50}{50} = 100\%$$

### Concordancia entre observadores con el microscopio ZEISS Primostar

**Tabla 14**

*Matriz de contingencia de observador 1 frente al observador 2 con el mismo microscopio (Zeiss Primostar 1)*

		Observador 1 ZEISS Primostar			
		Concuenda	No concuenda	Total	
Observador 2 ZEISS Primostar 1	Concuenda	Recuento	103	1	104
		Porcentaje	98.1%	1.0%	99.9%
	No concuenda	Recuento	0	1	1
		Porcentaje	0.0%	1.0%	1.0%
Total		Recuento	103	2	105
		Porcentaje	98.1%	1.9%	100.0%

Nota: Recuento (veces que concordaron o no concordaron en la identificación)

Fuente: Elaboración propia, matriz de contingencia generado en SPSS V. 29.0.2.0.

$$P_0 = \frac{\text{Número de acuerdos}}{\text{Total de observaciones}} = \frac{103+1}{105} = \frac{104}{105} = \mathbf{0.9905}$$

$$P_e = \left(\frac{103}{105} * \frac{104}{105}\right) + \left(\frac{2}{105} * \frac{1}{105}\right)$$

$$P_e = 0.9717 + 0.0002 = \mathbf{0.9719}$$

$$k = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}$$

$$k = \frac{0.9905 - 0.9719}{1 - 0.9719}$$

$$k = \frac{0.0186}{0.0281} = \mathbf{0.6624}$$

## Concordancia entre observadores con el minimicroscopio

**Tabla 15**

*Tabla de contingencia de observador 1 frente al observador 2 con el minimicroscopio*

		Observador 1 minimicroscopio			
		Concuerta	No concuerda	Total	
Observador 2 minimicroscopio	Concuerta	Recuento	96	1	97
		Porcentaje	91.4%	1.0%	92.4%
	No concuerda	Recuento	2	6	8
		Porcentaje	1.9%	5.7%	7.6%
	Total	Recuento	98	7	105
		Porcentaje	93.3%	6.7%	100.0%

Nota: Recuento (veces que concordaron o no concordaron en la identificación)

Fuente: Elaboración propia, matriz de contingencia generado en SPSS V. 29.0.2.0.

$$P_o = \frac{\text{Número de acuerdos}}{\text{Total de observaciones}} = \frac{96+6}{105} = \frac{102}{105} = \mathbf{0.9714}$$

$$P_e = \left( \frac{103}{105} * \frac{104}{105} \right) + \left( \frac{2}{105} * \frac{1}{105} \right)$$

$$P_e = 0.8620 + 0.0051 = \mathbf{0.8671}$$

$$k = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

$$k = \frac{0.9714 - 0.8671}{1 - 0.8671}$$

$$k = \frac{0.1043}{0.1329} = \mathbf{0.7850}$$

## Concordancia entre ZEISS Primostar 1 y el minimicroscopio

**Tabla 16**

*Tabla de contingencia de observador 1 el microscopio Zeiss Primostar 1 frente al minimicroscopio*

		Observador 1 minimicroscopio			
		Concuerta	No concuerda	Total	
Observador 1 ZEISS Primostar 1	Concuerta	Recuento	97	7	104
		Porcentaje	92.4%	6.7%	99.0%
	No concuerda	Recuento	0	1	1
		Porcentaje	0.0%	1.0%	1.0%
<b>Total</b>		Recuento	97	8	105
		Porcentaje	92.4%	7.6%	100.0%

Nota: Recuento (veces que concordaron o no concordaron en la identificación)

Fuente: Elaboración propia, matriz de contingencia generado en SPSS V. 29.0.2.0.

$$P_0 = \frac{\text{Número de acuerdos}}{\text{Total de observaciones}} = \frac{97+1}{105} = \frac{98}{105} = \mathbf{0.9333}$$

$$P_e = \left(\frac{97}{105} * \frac{104}{105}\right) + \left(\frac{8}{105} * \frac{1}{105}\right)$$

$$P_e = 0.9153 + 0.0007 = \mathbf{0.9160}$$

$$k = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}$$

$$k = \frac{0.9333 - 0.9160}{1 - 0.9160}$$

$$k = \frac{0.0173}{0.0840} = \mathbf{0.206}$$



**Tabla 17**

*Tabla de contingencia de observador 2 el microscopio Zeiss Primostar 1 frente al minimicroscopio*

		Observador 2 minimicroscopio			
		Concuerta	No concuerda	Total	
<b>Observador 2 ZEISS Primostar 1</b>	<b>Concuerta</b>	Recuento	98	5	103
		% del total	93.3%	4.8%	98.1%
	<b>No concuerda</b>	Recuento	0	2	2
		% del total	0.0%	1.9%	1.9%
<b>Total</b>		Recuento	98	7	105
		% del total	93.3%	6.7%	100.0%

Nota: Recuento (veces que concordaron o no concordaron en la identificación)

Fuente: Elaboración propia, matriz de contingencia generado en SPSS V. 29.0.2.0.

$$P_0 = \frac{\text{Número de acuerdos}}{\text{Total de observaciones}} = \frac{98+2}{105} = \frac{100}{105} = \mathbf{0.9524}$$

$$P_e = \left( \frac{103 \cdot 98}{105 \cdot 105} \right) + \left( \frac{2 \cdot 7}{105 \cdot 105} \right)$$

$$P_e = 0.91523 + 0.00127 = \mathbf{0.9165}$$

$$k = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}$$

$$k = \frac{0.9524 - 0.9165}{1 - 0.9165}$$

$$k = \frac{0.0359}{0.0835} = \mathbf{0.430}$$



## ANEXO 2. Tablas de clave y observación de parásitos.

**Tabla 18**

*Formato de clave madre para observaciones con ZEISS Primostar 1 y el minimicroscopio*

MUESTRAS POSITIVAS		MUESTRAS NEGATIVAS	
Nº de clave	Parásitos	Nº de clave	Parásitos
MP01	<i>Entamoeba coli</i>	MN01	Negativo
MP02	<i>Entamoeba histolitica</i>	MN02	Negativo
MP03	<i>Entamoeba coli</i>	MN03	Negativo
MP04	<i>Blastocystis hominis</i>	MN04	Negativo
MP05	<i>Endolimax nana</i>	MN05	Negativo
MP06	<i>Entamoeba coli</i>	MN06	Negativo
MP07	<i>Entamoeba coli</i>	MN07	Negativo
MP08	<i>Trichuris trichura</i>	MN08	Negativo
MP09	<i>Entamoeba coli</i>	MN09	Negativo
MP10	<i>Entamoeba coli</i>	MN10	Negativo
MP11	<i>Entamoeba coli</i>	MN11	Negativo
MP12	<i>Blastocystis hominis</i>	MN12	Negativo
MP13	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN13	Negativo
MP14	<i>Entamoeba coli</i>	MN14	Negativo
MP15	<i>Trichuris trichura</i>	MN15	Negativo
MP16	<i>Entamoeba coli</i>	MN16	Negativo
MP17	<i>Taenia sp.</i>	MN17	Negativo
MP18	<i>E. coli / Iadomoeba butschlii</i>	MN18	Negativo
MP19	<i>Entamoeba coli</i>	MN19	Negativo
MP20	<i>Hymenolepis nana</i>	MN20	Negativo
MP21	<i>Entamoeba coli</i>	MN21	Negativo
MP22	<i>Endolimax nana</i>	MN22	Negativo
MP23	<i>Iadomoeba butschlii</i>	MN23	Negativo
MP24	<i>Entamoeba coli</i>	MN24	Negativo
MP25	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN25	Negativo
MP26	<i>Taenia sp.</i>	MN26	Negativo
MP27	<i>Taenia sp.</i>	MN27	Negativo
MP28	<i>Entamoeba coli</i>	MN28	Negativo
MP29	<i>Entamoeba coli</i>	MN29	Negativo
MP30	<i>Trichuris trichura / E. coli</i>	MN30	Negativo
MP31	<i>Entamoeba coli</i>	MN31	Negativo
MP32	<i>Endolimax nana / E. coli</i>	MN32	Negativo
MP33	<i>Taenia sp.</i>	MN33	Negativo
MP34	<i>Entamoeba coli</i>	MN34	Negativo
MP35	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN35	Negativo
MP36	<i>E. coli / Hymenolepis nana</i>	MN36	Negativo
MP37	<i>Enterobius vermiculares</i>	MN37	Negativo
MP38	<i>Entamoeba histolitica</i>	MN38	Negativo
MP39	<i>Entamoeba coli</i>	MN39	Negativo
MP40	<i>Trichuris trichura</i>	MN40	Negativo



MUESTRAS POSITIVAS		MUESTRAS NEGATIVAS	
Nº de clave	Parásitos	Nº de clave	Parásitos
MP41	<i>Chilomastix mesnili</i>	MN41	Negativo
MP42	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN42	Negativo
MP43	<i>Hymelopsis nana</i>	MN43	Negativo
MP44	<i>Entamoeba coli</i>	MN44	Negativo
MP45	<i>Endolimax nana</i>	MN45	Negativo
MP46	<i>Taenia sp</i>	MN46	Negativo
MP47	<i>Entamoeba coli</i>	MN47	Negativo
MP48	<i>Taenia sp</i>	MN48	Negativo
MP49	<i>Entamoeba coli</i>	MN49	Negativo
MP50	<i>Entamoeba histolitica</i>	MN50	Negativo
MP51	<i>Entamoeba coli</i>		
MP52	<i>Entamoeba coli</i>		
MP53	<i>Blastocystis hominis</i>		
MP54	<i>Entamoeba coli</i>		
MP55	<i>E. coli / Blastocystis hominis</i>		

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 19**

*Resultados de la observación de parásitos por el observador 1 con el microscopio ZEISS Primostar 1*

POSITIVOS				NEGATIVOS			
Observador 1 con ZEISS Primostar 1				Observador 1 con ZEISS Primostar 1			
Nº de clave	Rótulo	Coinci- dencia con la clave	Identificación de Parásitos	Nº de clave	Rótulo	Coinci- dencia con la clave	Identificación de Parásitos
MP01	M1	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN01	O1L1	Si	Negativo
MP02	M2	Si	<i>Entamoeba histolitica</i>	MN02	O1L2	Si	Negativo
MP03	M3	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN03	O1L3	Si	Negativo
MP04	M4	Si	<i>Blastocystis hominis</i>	MN04	O1L4	Si	Negativo
MP05	M5	Si	<i>Endolimax nana</i>	MN05	O1L5	Si	Negativo
MP06	M6	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN06	O1L6	Si	Negativo
MP07	M7	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN07	O1L7	Si	Negativo
MP08	M8	Si	<i>Trichuris trichura</i>	MN08	O1L8	Si	Negativo
MP09	M9	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN09	O1L9	Si	Negativo
MP10	M10	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN10	O1L10	Si	Negativo
MP11	M11	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN11	O1L11	Si	Negativo
MP12	M12	Si	<i>Blastocystis hominis</i>	MN12	O1L12	Si	Negativo
MP13	M13	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN13	O1L13	Si	Negativo
MP14	M14	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN14	O1L14	Si	Negativo
MP15	M15	Si	<i>Trichuris trichura</i>	MN15	O1L15	Si	Negativo
MP16	M16	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN16	O1L16	Si	Negativo
MP17	M17	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN17	O1L17	Si	Negativo
MP18	M18	Si	<i>Iadomoeba butschlii</i>	MN18	O1L18	Si	Negativo
MP19	M19	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN19	O1L19	Si	Negativo
MP20	M20	Si	<i>Hymenolepis nana</i>	MN20	O1L20	Si	Negativo



POSITIVOS				NEGATIVOS			
Observador 1 con ZEISS Primostar 1				Observador 1 con ZEISS Primostar 1			
Nº de clave	Rótulo	Coincidencia con la clave	Identificación de Parásitos	Nº de clave	Rótulo	Coincidencia con la clave	Identificación de Parásitos
MP21	M21	Si	<i>Hymelopsis nana</i>	MN21	O1L21	Si	Negativo
MP22	M22	Si	<i>Endolimax nana</i>	MN22	O1L22	Si	Negativo
MP23	M23	Si	<i>Iadomoeba butschlii</i>	MN23	O1L23	Si	Negativo
MP24	M24	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN24	O1L24	Si	Negativo
MP25	M25	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN25	O1L25	Si	Negativo
MP26	M26	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN26	O1L26	Si	Negativo
MP27	M27	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN27	O1L27	Si	Negativo
MP28	M28	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN28	O1L28	Si	Negativo
MP29	M29	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN29	O1L29	Si	Negativo
MP30	M30	Si	<i>Trichuris trichura</i> / <i>E. coli</i>	MN30	O1L30	Si	Negativo
MP31	M31	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN31	O1L31	Si	Negativo
MP32	M32	Si	<i>Endolimax nana</i> / <i>E. coli</i>	MN32	O1L32	Si	Negativo
MP33	M33	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN33	O1L33	Si	Negativo
MP34	M34	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN34	O1L34	Si	Negativo
MP35	M35	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN35	O1L35	Si	Negativo
MP36	M36	Si	<i>E. coli</i> / <i>Hymenolepis nana</i>	MN36	O1L36	Si	Negativo
MP37	M37	Si	<i>Enterobius vermiculares</i>	MN37	O1L37	Si	Negativo
MP38	M38	Si	<i>Entamoeba histolitica</i>	MN38	O1L38	Si	Negativo
MP39	M39	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN39	O1L39	Si	Negativo
MP40	M40	Si	<i>Trichuris trichura</i>	MN40	O1L40	Si	Negativo
MP41	M41	Si	<i>Chilomastix mesnili</i>	MN41	O1L41	Si	Negativo
MP42	M42	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN42	O1L42	Si	Negativo
MP43	M43	Si	<i>Hymelopsis nana</i>	MN43	O1L43	Si	Negativo
MP44	M44	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN44	O1L44	Si	Negativo
MP45	M45	<b>NO</b>	<b>Negativo</b>	MN45	O1L45	Si	Negativo
MP46	M46	Si	<i>Taenia sp</i>	MN46	O1L46	Si	Negativo
MP47	M47	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN47	O1L47	Si	Negativo
MP48	M48	Si	<i>Taenia sp</i>	MN48	O1L48	Si	Negativo
MP49	M49	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN49	O1L49	Si	Negativo
MP50	M50	Si	<i>Entamoeba histolitica</i>	MN50	O1L50	Si	Negativo
MP51	M51	Si	<i>Entamoeba coli</i>				
MP52	M52	Si	<i>Entamoeba coli</i>				
MP53	M53	Si	<i>Blastocystis hominis</i>				
MP54	M54	Si	<i>Entamoeba coli</i>				
			<i>E.coli</i> / <i>Blastocystis</i>				
MP55	M55	Si	<i>hominis</i>				

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 20**

*Resultados de la observación de parásitos por el observador 1 con el minimicroscopio*

POSITIVOS				NEGATIVOS			
Observador 1 con el Minimicroscopio				Observador 1 con el Minimicroscopio			
Nº de clave	Rótulo	Coincidencia con la clave	Identificación de Parásitos	Nº de clave	Rótulo	Coincidencia con la clave	Identificación de Parásitos
MP01	K55	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN01	O1J50	Si	Negativo
MP02	K54	Si	<i>Entamoeba histolitica</i>	MN02	O1J49	Si	Negativo
MP03	K53	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN03	O1J48	Si	Negativo
MP04	K52	Si	<i>Blastocystis hominis</i>	MN04	O1J47	Si	Negativo
MP05	K51	<b>NO</b>	<b>Negativo</b>	MN05	O1J46	Si	Negativo
MP06	K50	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN06	O1J45	Si	Negativo
MP07	K49	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN07	O1J44	Si	Negativo
MP08	K48	Si	<i>Trichuris trichura</i>	MN08	O1J43	Si	Negativo
MP09	K47	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN09	O1J42	Si	Negativo
MP10	K46	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN10	O1J41	Si	Negativo
MP11	K45	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN11	O1J40	Si	Negativo
MP12	K44	Si	<i>Blastocystis hominis</i>	MN12	O1J39	Si	Negativo
MP13	K43	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN13	O1J38	Si	Negativo
MP14	K42	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN14	O1J37	Si	Negativo
MP15	K41	Si	<i>Trichuris trichura</i>	MN15	O1J36	Si	Negativo
MP16	K40	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN16	O1J35	Si	Negativo
MP17	K39	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN17	O1J34	Si	Negativo
MP18	K38	Si	<i>E. coli / Iadomoeba butschlii</i>	MN18	O1J33	Si	Negativo
MP19	K37	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN19	O1J32	Si	Negativo
MP20	K36	Si	<i>Hymenolepis nana</i>	MN20	O1J31	Si	Negativo
MP21	K35	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN21	O1J30	Si	Negativo
MP22	K34	<b>NO</b>	<b>Negativo</b>	MN22	O1J29	Si	Negativo
MP23	K33	<b>NO</b>	<b>Negativo</b>	MN23	O1J28	Si	Negativo
MP24	K32	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN24	O1J27	Si	Negativo
MP25	K31	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN25	O1J26	Si	Negativo
MP26	K30	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN26	O1J25	Si	Negativo
MP27	K29	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN27	O1J24	Si	Negativo
MP28	K28	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN28	O1J23	Si	Negativo
MP29	K27	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN29	O1J22	Si	Negativo
MP30	K26	Si	<i>Trichuris trichura / E. coli</i>	MN30	O1J21	Si	Negativo
MP31	K25	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN31	O1J20	Si	Negativo
MP32	K24	<b>NO</b>	<b>Hymelopsis nana</b>	MN32	O1J19	Si	Negativo
MP33	K23	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN33	O1J18	Si	Negativo
MP34	K22	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN34	O1J17	Si	Negativo
MP35	K21	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN35	O1J16	Si	Negativo
MP36	K20	Si	<i>E. coli / Hymenolepis nana</i>	MN36	O1J15	Si	Negativo
MP37	K19	Si	<i>Enterobius vermiculares</i>	MN37	O1J14	Si	Negativo
MP38	K18	<b>NO</b>	<b>Negativo</b>	MN38	O1J13	Si	Negativo
MP39	K17	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN39	O1J12	Si	Negativo
MP40	K16	Si	<i>Trichuris trichura</i>	MN40	O1J11	Si	Negativo
MP41	K15	<b>NO</b>	<b>Negativo</b>	MN41	O1J10	Si	Negativo
MP42	K14	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN42	O1J9	Si	Negativo
MP43	K13	Si	<i>Hymelopsis nana</i>	MN43	O1J8	Si	Negativo
MP44	K12	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN44	O1J7	Si	Negativo



POSITIVOS				NEGATIVOS			
Observador 1 con el Minimicroscopio				Observador 1 con el Minimicroscopio			
N° de clave	Rótulo	Coincidencia con la clave	Identificación de Parásitos	N° de clave	Rótulo	Coincidencia con la clave	Identificación de Parásitos
MP45	K11	NO	Negativo	MN45	O1J6	Si	Negativo
MP46	K10	Si	<i>Taenia sp</i>	MN46	O1J5	Si	Negativo
	K9	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN47	O1J4	NO	<b><i>Blastocystis hominis</i></b>
MP47							
MP48	K8	Si	<i>Taenia sp</i>	MN48	O1J3	Si	Negativo
MP49	K7	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN49	O1J2	Si	Negativo
MP50	K6	NO	<b><i>Entamoeba coli</i></b>	MN50	O1J1	Si	Negativo
MP51	K5	Si	<i>Entamoeba coli</i>				
MP52	K4	Si	<i>Entamoeba coli</i>				
MP53	K3	Si	<i>Blastocystis hominis</i>				
MP54	K2	Si	<i>Entamoeba coli</i>				
MP55	K1	Si	<i>E.coli / Blastocystis hominis</i>				

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 21**

*Resultados de la observación de parásitos por el observador 2 con el microscopio*

*ZEISS Primostar 1*

POSITIVOS				NEGATIVOS			
Observador 2 con ZEISS Primostar 1				Observador 2 con ZEISS Primostar 1			
N° de clave	Rótulo	Coincidencia con la clave	Identificación de Parásitos	N° de clave	Rótulo	Coincidencia con la clave	Identificación de Parásitos
MP01	M1	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN01	O2L1	Si	Negativo
MP02	M2	Si	<i>Entamoeba histolitica</i>	MN02	O2L2	Si	Negativo
MP03	M3	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN03	O2L3	Si	Negativo
MP04	M4	Si	<i>Blastocystis hominis</i>	MN04	O2L4	Si	Negativo
MP05	M5	Si	<i>Endolimax nana</i>	MN05	O2L5	Si	Negativo
MP06	M6	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN06	O2L6	Si	Negativo
MP07	M7	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN07	O2L7	Si	Negativo
MP08	M8	Si	<i>Trichuris trichura</i>	MN08	O2L8	Si	Negativo
MP09	M9	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN09	O2L9	Si	Negativo
MP10	M10	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN10	O2L10	Si	Negativo
MP11	M11	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN11	O2L11	Si	Negativo
MP12	M12	Si	<i>Blastocystis hominis</i>	MN12	O2L12	Si	Negativo
MP13	M13	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN13	O2L13	Si	Negativo
MP14	M14	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN14	O2L14	Si	Negativo
MP15	M15	Si	<i>Trichuris trichura</i>	MN15	O2L15	Si	Negativo
MP16	M16	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN16	O2L16	Si	Negativo
MP17	M17	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN17	O2L17	Si	Negativo
			<i>E. coli / Iadomoeba</i>				
MP18	M18	Si	<i>butschlii</i>	MN18	O2L18	Si	Negativo
MP19	M19	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN19	O2L19	Si	Negativo
MP20	M20	Si	<i>Hymenolepis nana</i>	MN20	O2L20	Si	Negativo
MP21	M21	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN21	O2L21	Si	Negativo



POSITIVOS				NEGATIVOS			
Observador 2 con ZEISS Primostar 1				Observador 2 con ZEISS Primostar 1			
Nº de clave	Rótulo	Coincidencia con la clave	Identificación de Parásitos	Nº de clave	Rótulo	Coincidencia con la clave	Identificación de Parásitos
MP22	M22	<b>NO</b>	<b>Negativo</b>	MN22	O2L22	Si	Negativo
MP23	M23	Si	<i>Iadomoeba butschlii</i>	MN23	O2L23	Si	Negativo
MP24	M24	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN24	O2L24	Si	Negativo
MP25	M25	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN25	O2L25	Si	Negativo
MP26	M26	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN26	O2L26	Si	Negativo
MP27	M27	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN27	O2L27	Si	Negativo
MP28	M28	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN28	O2L28	Si	Negativo
MP29	M29	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN29	O2L29	Si	Negativo
MP30	M30	Si	<i>Trichuris trichura</i> / <i>E. coli</i>	MN30	O2L30	Si	Negativo
MP31	M31	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN31	O2L31	Si	Negativo
MP32	M32	Si	<i>Endolimax nana</i> / <i>E. coli</i>	MN32	O2L32	Si	Negativo
MP33	M33	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN33	O2L33	Si	Negativo
MP34	M34	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN34	O2L34	Si	Negativo
MP35	M35	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN35	O2L35	Si	Negativo
MP36	M36	Si	<i>E. coli</i> / <i>Hymenolepis nana</i>	MN36	O2L36	Si	Negativo
MP37	M37	Si	<i>Enterobius vermiculares</i>	MN37	O2L37	Si	Negativo
MP38	M38	Si	<i>Entamoeba histolitica</i>	MN38	O2L38	Si	Negativo
MP39	M39	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN39	O2L39	Si	Negativo
MP40	M40	Si	<i>Trichuris trichura</i>	MN40	O2L40	Si	Negativo
MP41	M41	Si	<i>Chilomastix mesnili</i>	MN41	O2L41	Si	Negativo
MP42	M42	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN42	O2L42	Si	Negativo
MP43	M43	Si	<i>Hymelopsis nana</i>	MN43	O2L43	Si	Negativo
MP44	M44	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN44	O2L44	Si	Negativo
MP45	M45	<b>NO</b>	<b><i>Chilomastix mesnili</i></b>	MN45	O2L45	Si	Negativo
MP46	M46	Si	<i>Taenia sp</i>	MN46	O2L46	Si	Negativo
MP47	M47	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN47	O2L47	Si	Negativo
MP48	M48	Si	<i>Taenia sp</i>	MN48	O2L48	Si	Negativo
MP49	M49	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN49	O2L49	Si	Negativo
MP50	M50	Si	<i>Entamoeba histolitica</i>	MN50	O2L50	Si	Negativo
MP51	M51	Si	<i>Entamoeba coli</i>				
MP52	M52	Si	<i>Entamoeba coli</i>				
MP53	M53	Si	<i>Blastocystis hominis</i>				
MP54	M54	Si	<i>Entamoeba coli</i>				
MP55	M55	Si	<i>E.coli</i> / <i>Blastocystis hominis</i>				

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 22**

*Resultados de la observación de parásitos por el observador 2 con el minimicroscopio*

POSITIVOS				NEGATIVOS			
Observador 2 con Minimicroscopio				Observador 2 con Minimicroscopio			
N° de clave	Rótulo	Coincidencia con la clave	Identificación de Parásitos	N° de clave	Rótulo	Coincidencia con la clave	Identificación de Parásitos
MP01	K55	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN01	O2J50	Si	Negativo
MP02	K54	Si	<i>Entamoeba histolytica</i>	MN02	O2J49	Si	Negativo
MP03	K53	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN03	O2J48	Si	Negativo
MP04	K52	Si	<i>Blastocystis hominis</i>	MN04	O2J47	Si	Negativo
MP05	K51	<b>NO</b>	<b>Negativo</b>	MN05	O2J46	Si	Negativo
MP06	K50	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN06	O2J45	Si	Negativo
MP07	K49	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN07	O2J44	Si	Negativo
MP08	K48	Si	<i>Trichuris trichura</i>	MN08	O2J43	Si	Negativo
MP09	K47	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN09	O2J42	Si	Negativo
MP10	K46	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN10	O2J41	Si	Negativo
MP11	K45	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN11	O2J40	Si	Negativo
MP12	K44	Si	<i>Blastocystis hominis</i>	MN12	O2J39	Si	Negativo
MP13	K43	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN13	O2J38	Si	Negativo
MP14	K42	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN14	O2J37	Si	Negativo
MP15	K41	Si	<i>Trichuris trichura</i>	MN15	O2J36	Si	Negativo
MP16	K40	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN16	O2J35	Si	Negativo
MP17	K39	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN17	O2J34	Si	Negativo
MP18	K38	Si	<i>E. coli / Iadomoeba butschlii</i>	MN18	O2J33	Si	Negativo
MP19	K37	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN19	O2J32	Si	Negativo
MP20	K36	Si	<i>Hymenolepis nana</i>	MN20	O2J31	Si	Negativo
MP21	K35	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN21	O2J30	Si	Negativo
MP22	K34	<b>NO</b>	<b>Negativo</b>	MN22	O2J29	Si	Negativo
MP23	K33	<b>NO</b>	<b>Negativo</b>	MN23	O2J28	Si	Negativo
MP24	K32	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN24	O2J27	Si	Negativo
MP25	K31	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN25	O2J26	Si	Negativo
MP26	K30	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN26	O2J25	Si	Negativo
MP27	K29	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN27	O2J24	Si	Negativo
MP28	K28	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN28	O2J23	Si	Negativo
MP29	K27	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN29	O2J22	Si	Negativo
MP30	K26	Si	<i>Trichuris trichura / E. coli</i>	MN30	O2J21	Si	Negativo
MP31	K25	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN31	O2J20	Si	Negativo
MP32	K24	<b>NO</b>	<b>Negativo</b>	MN32	O2J19	Si	Negativo
MP33	K23	Si	<i>Taenia sp.</i>	MN33	O2J18	Si	Negativo
MP34	K22	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN34	O2J17	Si	Negativo
MP35	K21	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN35	O2J16	Si	Negativo
MP36	K20	Si	<i>E. coli / Hymenolepis nana</i>	MN36	O2J15	Si	Negativo
MP37	K19	Si	<i>Enterobius vermiculares</i>	MN37	O2J14	Si	Negativo
MP38	K18	<b>NO</b>	<b>Negativo</b>	MN38	O2J13	Si	Negativo
MP39	K17	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN39	O2J12	Si	Negativo
MP40	K16	Si	<i>Trichuris trichura</i>	MN40	O2J11	Si	Negativo
MP41	K15	<b>NO</b>	<b>Endolimax nana</b>	MN41	O2J10	Si	Negativo
MP42	K14	Si	<i>Ascaris lumbricoides</i>	MN42	O2J9	Si	Negativo
MP43	K13	Si	<i>Hymelopsis nana</i>	MN43	O2J8	Si	Negativo



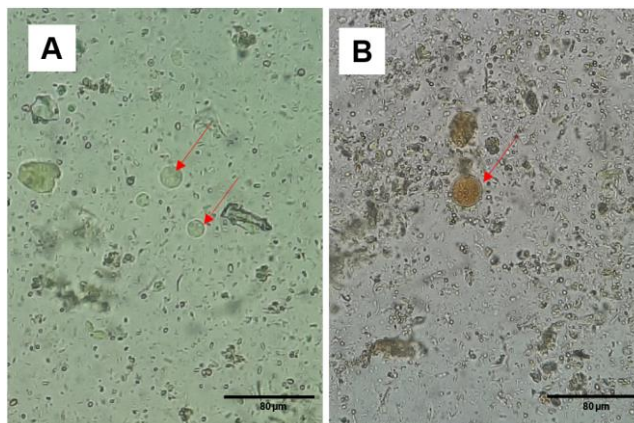
POSITIVOS				NEGATIVOS			
Observador 2 con Minimicroscopio				Observador 2 con Minimicroscopio			
N° de clave	Rótulo	Coincidencia con la clave	Identificación de Parásitos	N° de clave	Rótulo	Coincidencia con la clave	Identificación de Parásitos
MP44	K12	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN44	O2J7	Si	Negativo
MP45	K11	<b>NO</b>	<b>Negativo</b>	MN45	O2J6	Si	Negativo
MP46	K10	Si	<i>Taenia sp</i>	MN46	O2J5	Si	Negativo
MP47	K9	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN47	O2J4	Si	Negativo
MP48	K8	Si	<i>Taenia sp</i>	MN48	O2J3	Si	Negativo
MP49	K7	Si	<i>Entamoeba coli</i>	MN49	O2J2	Si	Negativo
MP50	K6	Si	<i>Entamoeba histolitica</i>	MN50	O2J1	Si	Negativo
MP51	K5	Si	<i>Entamoeba coli</i>				
MP52	K4	Si	<i>Entamoeba coli</i>				
MP53	K3	Si	<i>Blastocystis hominis</i>				
MP54	K2	Si	<i>Entamoeba coli</i>				
MP55	K1	Si	<i>E.coli / Blastocystis hominis</i>				

Fuente: Elaboración Propia

### ANEXO 3. Fotografías de observaciones de minimicroscopio y Zeiss Primostar 1.

#### Figura 16

Observación de muestras de *Entamoeba coli* a 400x

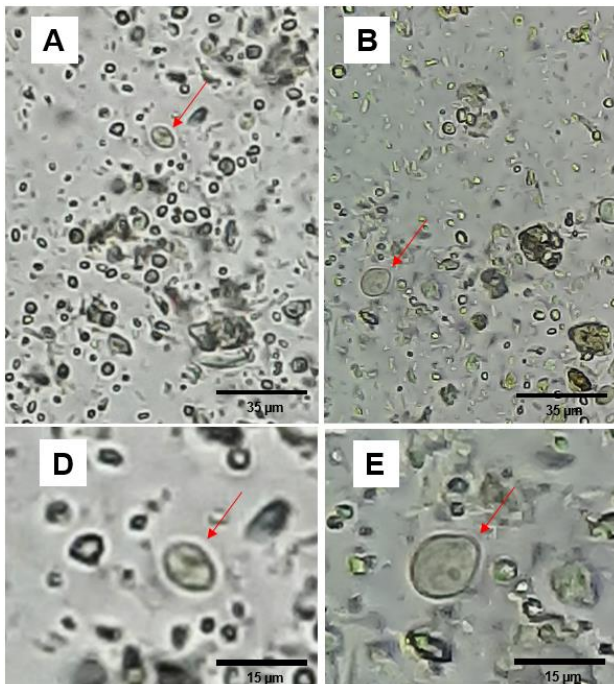


Nota: A) Imagen obtenida con minimicroscopio a 400x, B) Imagen obtenida con microscopio ZEISS Primostar 1 a 400x.

Fuente: Elaboración propia.

### Figura 17

*Observación de muestras de Chilomastix mesnili a 400x*

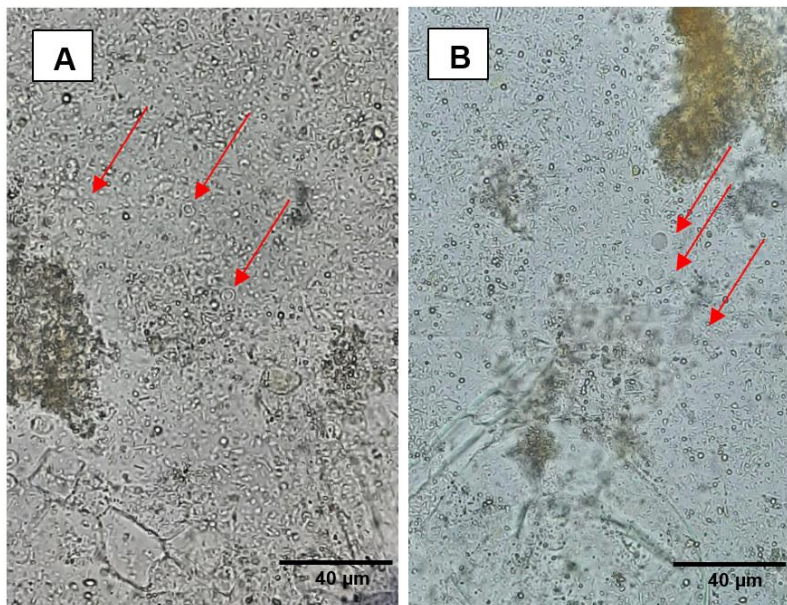


Nota: A) Imagen obtenida con minimicroscopio a 400x, B) Imagen obtenida con microscopio ZEISS Primostar 1 a 400x, D y E) Sección de imagen ampliada de A y B respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

### Figura 18

*Observación de muestras de Blastocystis hominis a 400x*

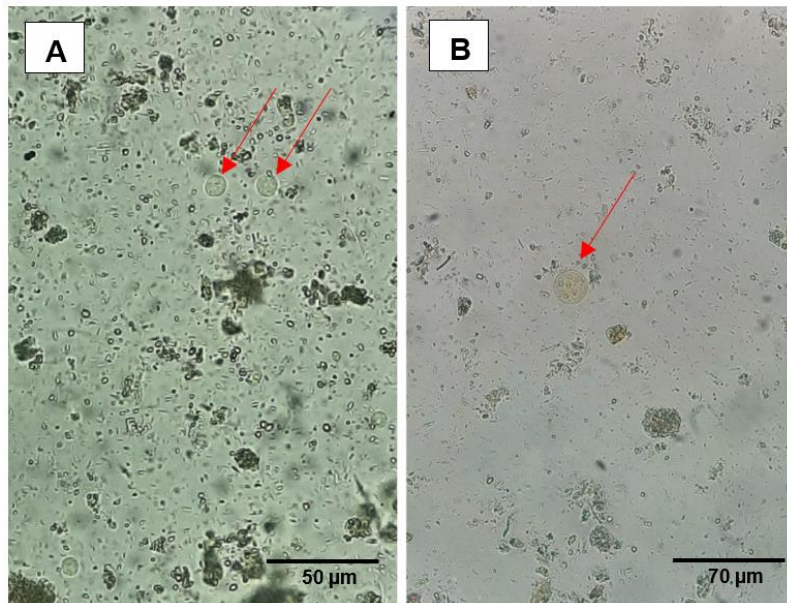


Nota: A) Imagen tomada con minimicroscopio, B) Imagen tomada con Zeiss Primostar 1.

Fuente: Elaboración propia.

## Figura 19

*Observación de muestras de Entamoeba coli a 400x*

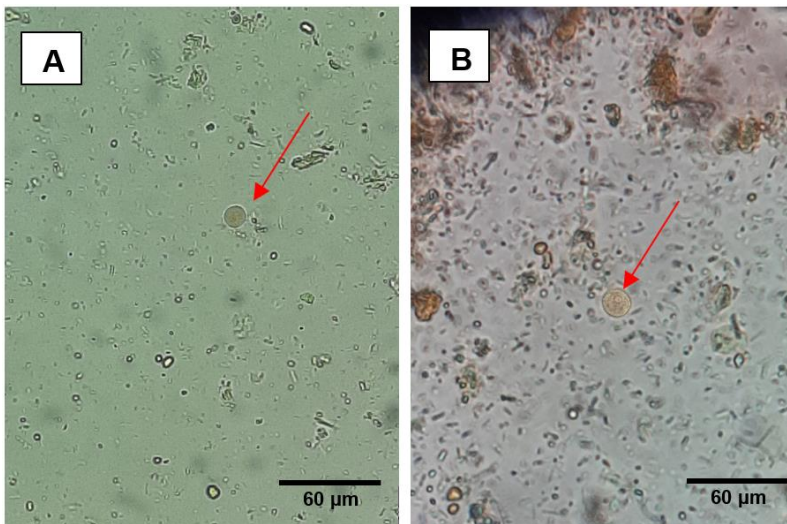


Nota: A) Imagen tomada con minimicroscopio, B) tomada con Zeiss Primostar 1.

Fuente: Elaboración propia.

## Figura 20

*Observación de muestras de Entamoeba histolitica a 400x*

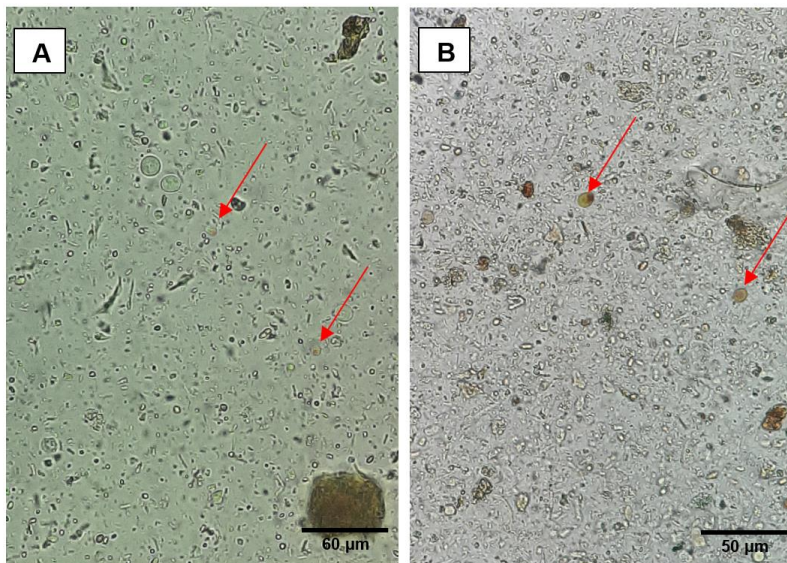


Nota: A) Imagen tomada con minimicroscopio, B) tomada con Zeiss Primostar 1.

Fuente: Elaboración propia.

## Figura 21

*Observación de muestras de Iodamoeba butschlii a 400x*

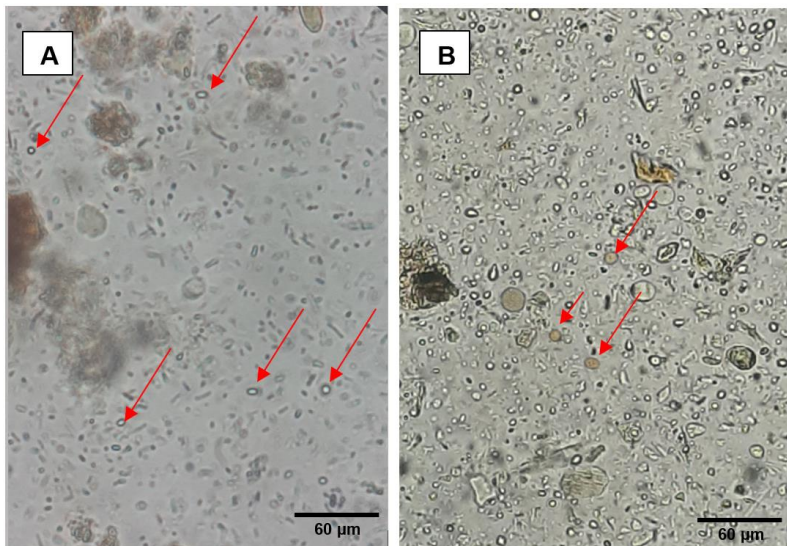


Nota: A) Imagen tomada con minimicroscopio, B) tomada con Zeiss Primostar 1.

Fuente: Elaboración propia.

## Figura 22

*Observación de muestras de Endolimax nana a 400x*

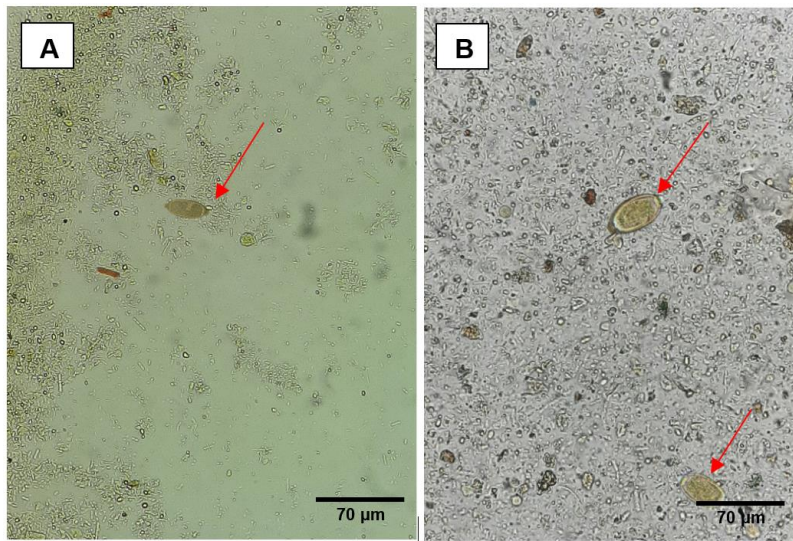


Nota: A) Imagen tomada con minimicroscopio, B) tomada con Zeiss Primostar 1.

Fuente: Elaboración propia.

### Figura 23

*Observación de muestras de Trichuris trichura a 400x*

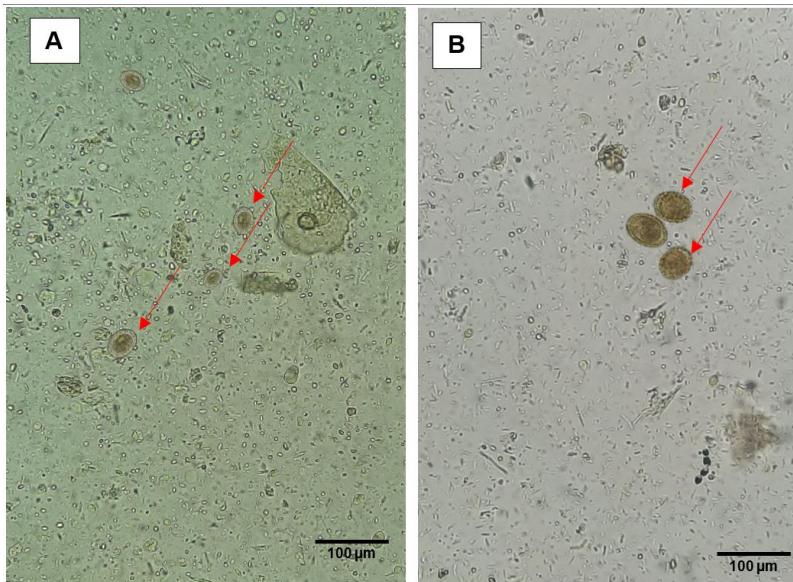


Nota: A) Imagen tomada con minimicroscopio, B) tomada con Zeiss Primostar 1.

Fuente: Elaboración propia.

### Figura 24

*Observación de muestras de Ascaris lumbricoides a 400x*



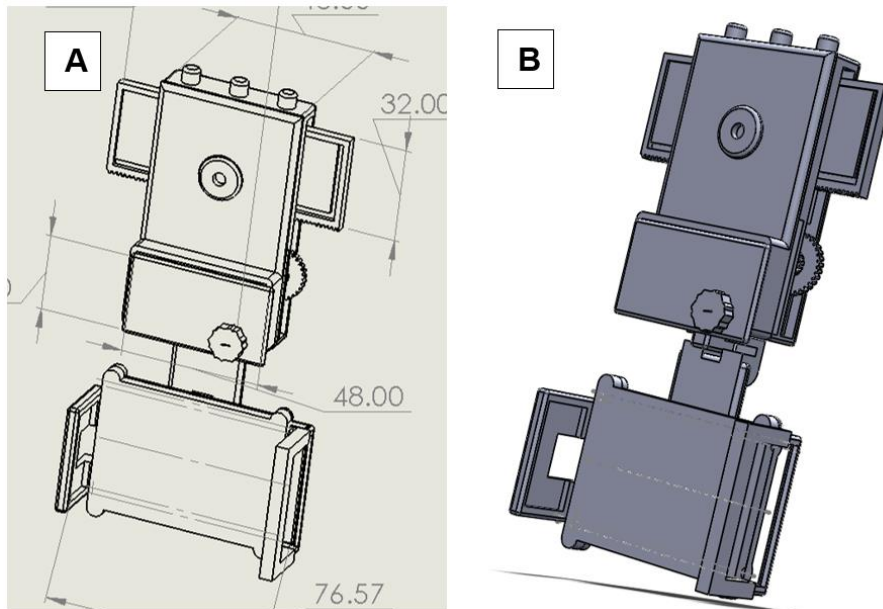
Nota: A) Imagen tomada con minimicroscopio, B) tomada con Zeiss Primostar 1.

Fuente: Elaboración propia.

#### ANEXO 4. Planos del prototipo de minimicroscopio.

**Figura 25**

*Diseño 3D del minimicroscopio*

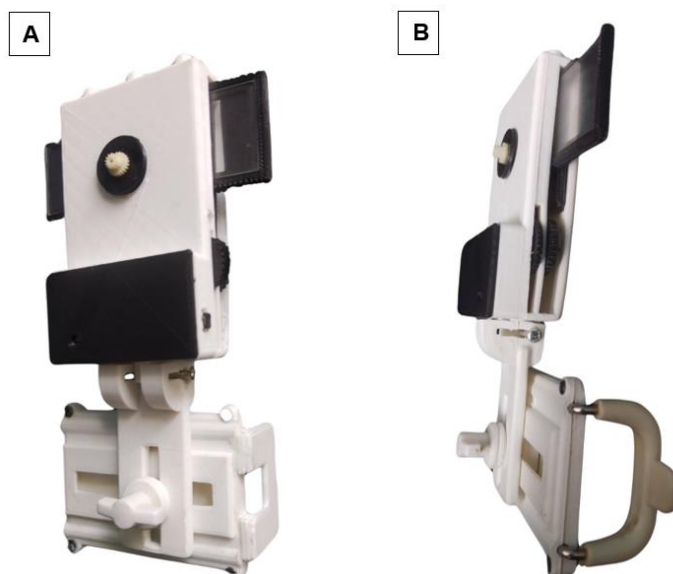


Nota: A) Plano del minimicroscopio, B) Diseño 3D en SolidWorks del minimicroscopio

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 26**

*Prototipo de impreso en 3D del minimicroscopio*

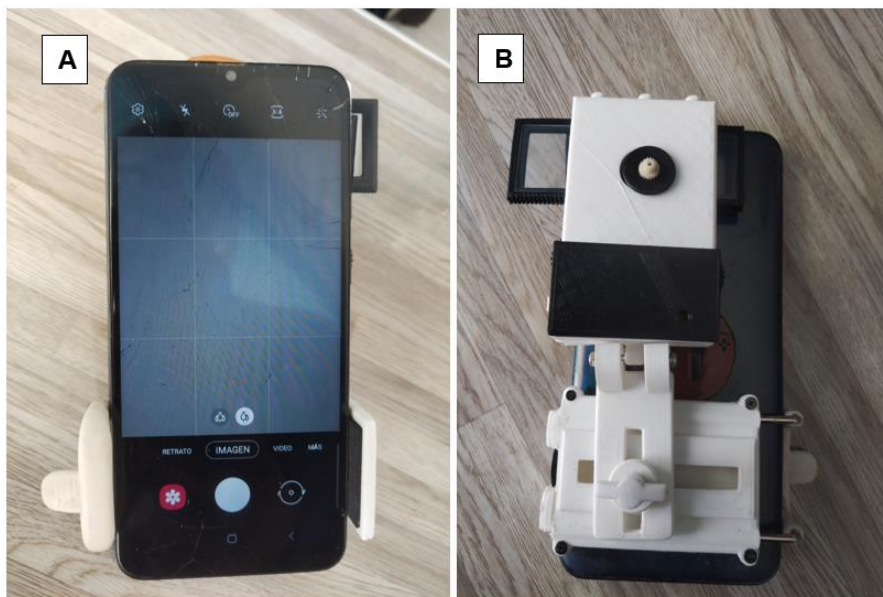


Nota: A) minimicroscopio impreso en 3D, vista posterior, B) minimicroscopio impreso en 3D, vista lateral.

Fuente: Elaboración propia.

## Figura 27

*Minimicroscopio acoplado al smartphone Samsung A50*



Nota: A) minimicroscopio acoplado, con cámara integrada, vista frontal, B) minimicroscopio acoplado, vista posterior.

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO 5.** Imágenes de procedimientos realizados en el trabajo de investigación.

## Figura 28

*Recolección de muestras de heces en área de microbiología del H.C.M.M de Juliaca*



Fuente: Elaboración propia.

## Figura 29

### *Preparación de muestras de heces*



Fuente: Elaboración propia.

## Figura 30

### *Preparación de muestras en lugol para la observación*



Fuente: Elaboración propia.



### Figura 31

*Identificación y clasificación de muestras de heces (técnica de concentración de heces)*



Fuente: Elaboración propia.

## Figura 32

*Manual de Manejo del minimicroscopio de amplio aumento para smartphones*

### MANUAL DE MANEJO DEL MINI MICROSCOPIO DE AMPLIO AUMENTO PARA SMARTPHONES

#### 1. Introducción

**Propósito del Manual:** Este manual está diseñado para proporcionar una guía detallada y práctica sobre el uso del mini microscopio de amplio aumento para smartphones. Se pretende facilitar tanto a profesionales de la salud como a estudiantes el correcto uso y aprovechamiento del dispositivo para la identificación de helmintos, parásitos y otras aplicaciones clínicas.

**Descripción del Mini Microscopio:** El mini microscopio es un dispositivo portátil y compacto diseñado para ser acoplado a smartphones (celulares). Permite realizar análisis microscópicos de muestras biológicas con un nivel de detalle similar al de un microscopio tradicional.

**Aplicaciones Principales:** Este dispositivo está optimizado para la identificación de helmintos y parásitos en muestras clínicas, aunque también puede utilizarse en otras áreas como la microbiología, dermatología y educación.

#### 2. Componentes del Mini Microscopio

**Descripción de las Partes:**

- Lente óptica de amplio aumento
- Soporte ajustable para smartphones
- Iluminación LED integrada
- Porta muestras extraíble

**Accesorios Incluidos:**

- Estuche de transporte
- Láminas portaobjetos y cubreobjetos

#### 3. Requisitos Técnicos

**Compatibilidad con Smartphones:** El mini microscopio es compatible con la mayoría de los smartphones con sistema operativo iOS o Android que cuenten con cámara de alta resolución.

**Requerimientos de Software:** No se requiere la descarga de ninguna aplicación complementaria específica.

#### 4. Instalación y Configuración Inicial

**Paso 1: Desempaquetado y Verificación del Contenido:**

- Abra el paquete y asegúrese de que todos los componentes y accesorios estén presentes.

**Paso 2: Instalación del Soporte en el Smartphone:**

- Coloque el soporte ajustable en la parte inferior del smartphone, asegurándose de que la lente del microscopio esté alineada con la cámara del teléfono.

**Paso 3: Sincronización de cámara:**

- Coloque el ocular de Mini microscopio sobre la cámara trasera del Smartphone

#### 5. Uso del Mini Microscopio

**Paso 1: Preparación de la Muestra:**

- Coloque la muestra a analizar en una lámina portaobjetos y cúbrala con un cubreobjetos.

**Paso 2: Colocación de la Muestra en el Porta muestras:**

- Inserte la lámina portaobjetos en el porta muestras del microscopio.

**Paso 3: Ajuste del Enfoque:**

- Utilice el enfoque manual o automático (según el modelo) para obtener una imagen nítida de la muestra.

**Paso 4: Captura de Imágenes:**

- Tome fotografías o grabe videos de la muestra para su análisis posterior.

**Paso 5: Guardado y Exportación de Resultados:**

- Guarde los resultados en la memoria del teléfono o expórtelos a una nube o dispositivo externo.

#### 6. Mantenimiento y Cuidado del Microscopio

**Limpeza de las Lentes y el Cuerpo del Microscopio:**



- Utilice un paño de microfibra y solución limpiadora específica para lentes ópticas.

#### **Almacenamiento Adecuado:**

- Guarde el microscopio en su estuche cuando no esté en uso para protegerlo de polvo y daños.

#### **Solución de Problemas Comunes:**

- Consulte la sección de solución de problemas si experimenta dificultades con el enfoque, iluminación o conexión.

### **7. Recomendaciones de Uso**

#### **Condiciones Óptimas para el Análisis:**

- Trabaje en un entorno bien iluminado y estable para obtener los mejores resultados.

#### **Consejos para Mejorar la Calidad de las Imágenes:**

- Ajuste la iluminación y enfoque de manera cuidadosa, evite movimientos bruscos durante la captura de imágenes.

#### **Precauciones de Seguridad:**

- Siga las normas de bioseguridad al manipular muestras biológicas.

### **8. Interpretación de Resultados**

#### **Guía para la Interpretación de Imágenes:**

- Compare las imágenes obtenidas con las referencias clínicas a base de su experiencia para identificar correctamente los parásitos.

#### **Reconocimiento de Artefactos y Errores:**

- Aprenda a distinguir entre artefactos ópticos y estructuras biológicas reales.

### **9. Solución de Problemas Comunes**

#### **Problemas de Enfoque:**

- Verifique la alineación de la lente con la cámara del smartphone y ajuste el enfoque manualmente.

Elaborado por: David Vilca  
Juliaca-Puno-Perú  
2024 ©

Fuente: Elaboración propia.



### DECLARACIÓN JURADA DE OBSERVADOR

Título del Estudio:

"Análisis comparativo de sensibilidad y especificidad entre el mini microscopio de amplio aumento para smartphone y el microscopio tradicional en identificación de helmintos y parásitos"

N.º de colegiado: 9481 Edad: 41 Años de colegiatura: 14 años

Lugar del Estudio: Servicio de microbiología del HCMH

Fechas de Observación: 20/07/24 - 22/07/24

Declaración:

Yo con DNI N° 92216856, en mi calidad de biólogo y observador participante en el estudio mencionado, declaro bajo juramento lo siguiente:

He participado activamente en el análisis comparativo de sensibilidad y especificidad entre el mini microscopio de amplio aumento para smartphone y el microscopio óptico Carl Zeiss Primo Star.

Durante las fechas indicadas, he realizado observaciones detalladas de las muestras de heces, utilizando ambos tipos de microscopios para identificar la presencia de helmintos y protozoos.

He seguido los protocolos establecidos en el estudio, incluyendo la recolección y preparación de las muestras, así como la aplicación de las técnicas de observación correspondientes.

Las observaciones que he realizado son verídicas y reflejan fielmente los hallazgos obtenidos durante el análisis. He registrado la presencia o ausencia de parásitos en cada muestra analizada, así como su identificación específica cuando ha sido posible.

Juliaca, 22 de julio del 2024

Mario S. Carambi Quispe  
MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA  
Cajamarca



### DECLARACIÓN JURADA DE OBSERVADOR

Título del Estudio:

"Análisis comparativo de sensibilidad y especificidad entre el mini microscopio de amplio aumento para smartphone y el microscopio tradicional en identificación de helmintos y parásitos"

N.º de colegiado: 9306 Edad: 36 Años de colegiatura: 12 años

Lugar del Estudio: Área de microbiología del Hospital Carlos Mayo M.

Fechas de Observación: 18-07-24 y 19-07-24

Declaración:

Yo con DNI N° 45204805, en mi calidad de biólogo y observador participante en el estudio mencionado, declaro bajo juramento lo siguiente:

He participado activamente en el análisis comparativo de sensibilidad y especificidad entre el mini microscopio de amplio aumento para smartphone y el microscopio óptico Carl Zeiss Primo Star.

Durante las fechas indicadas, he realizado observaciones detalladas de las muestras de heces, utilizando ambos tipos de microscopios para identificar la presencia de helmintos y protozoos.

He seguido los protocolos establecidos en el estudio, incluyendo la recolección y preparación de las muestras, así como la aplicación de las técnicas de observación correspondientes.

Las observaciones que he realizado son verídicas y reflejan fielmente los hallazgos obtenidos durante el análisis. He registrado la presencia o ausencia de parásitos en cada muestra analizada, así como su identificación específica cuando ha sido posible.

Juliaca, 19 de julio del 2024

  
Jorge A. Coaguila Toro  
BIOLOGO  
C.B.P. 9306



PERÚ Ministerio  
de Salud

HOSPITAL  
CARLOS MONGE MEDRANO

DEPARTAMENTO DE PATOLOGIA  
CLINICA Y ANATOMIA PATOLOGICA

### CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PATOLOGIA CLINICA Y ANATOMIA PATOLOGICA DEL HOSPITAL CARLOS MONGE MEDRANO DE JULIACA

#### HACE CONSTAR:

Que el Bachiller **DAVID VILCA TICONA**, identificado con DNI 47345004, egresado de la Escuela Profesional de Biología con mención en Microbiología y Laboratorio Clínico de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, ha realizado su trabajo de investigación (tesis) titulado "**Análisis Comparativo de Sensibilidad y Especificidad entre el Mini Microscopio de Amplio Aumento para Smartphone y el Microscopio Tradicional en Identificación de Helminths y Parásitos**", recolectando y identificando muestras de heces que ingresan al Laboratorio de Microbiología del Hospital Carlos Monge Medrano - Juliaca, entre los meses de abril a julio del año 2024.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Juliaca, 26 de julio del 2024

Atentamente.



Bigo. Rubén Montoya Apaza  
C.B.P. 2317  
JEFE DPTO. PATOLOGIA CLINICA  
Y ANATOMIA PATOLOGICA  
RED SE SALUD SAN ROMAN



**AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

Por el presente documento, Yo David Velazco Triona identificado con DNI 47345004 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

de Biología informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD ENTRE EL MINIMICROSCOPIO DE ANCHO AUMENTO PARA SMARTPHONE Y EL MICROSCOPIO TRADICIONAL EN IDENTIFICACIÓN DE PARASITOS."

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 19 de Agosto del 20 24

AV  
O

FIRMA (obligatoria)



Huella



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo David Vila Tiana  
identificado con DNI 47345004 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
de Biología

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ ANÁLISIS COMPARATIVO DE SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD ENTRE EL  
MENJMICROSCOPIO DE AMPLIO AUMENTO PARA SMARTPHONE Y EL  
MICROSCOPIO TRADICIONAL EN IDENTIFICACIÓN DE PARÁSITOS. ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 19 de Agosto del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella