

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS:

**Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo
humano del distrito de Río Magdalena, provincia La Mar,
Ayacucho - 2025**

Para optar el título profesional de:
BIÓLOGA, ESPECIALIDAD: MICROBIOLOGÍA

PRESENTADO POR:
Bach. Mariory Friorela QUISPE BORDA

ASESOR:
Dr. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ

AYACUCHO - PERÚ

2026

A Dios, a mi familia por su apoyo inquebrantable.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, *Alma Mater*, por brindarme conocimientos académicos y formación profesional; a la Facultad de Ciencias Biológicas y a la Escuela Profesional de Biología, por proporcionarme una enseñanza que fue fundamental en el transcurso de mi educación universitaria.

Al Dr. Chuchón Martínez, Saúl Alonso; docente de la Escuela Profesional de Biología de la UNSCH, asesor del presente trabajo de investigación por su mentoría, guía y apoyo en la materialización del presente trabajo de investigación.

Al Mg. Delgadillo Coronado, Pedro Mauricio; docente de la Escuela Profesional de Biología de la UNSCH, por su apoyo inmensurable y colaboración en la realización del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Carrasco Badajoz Carlos Emilio y la Mg. Rayme Chalco Carolina, docentes de la Escuela Profesional de Biología de la UNSCH, responsables del Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica por el apoyo y colaboración en la ejecución del presente trabajo de investigación.

A la Blga. Alba Luna Jeanne; docente de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), responsable del laboratorio ONE HEALTH por su valiosa orientación en el presente trabajo de investigación.

A todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la realización del presente trabajo de investigación, cuya colaboración fue fundamental para el logro.

ÍNDICE GENERAL	Pág.
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Antecedentes de la investigación.....	3
2.2. Marco conceptual.....	6
2.3. Bases teóricas	8
2.3.1. Agua.....	8
2.3.2. Agua para consumo humano.....	8
2.3.3. Contaminantes del agua de consumo humano.....	9
2.3.4. Calidad microbiológica del agua.....	10
2.3.5. Calidad fisicoquímica del agua	12
2.3.6. Tecnología de sustrato definido para evaluación microbiológica en agua	16
2.4. Marco legal	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1. Zona de estudio	22
3.2. Tipo y diseño de la investigación.....	24
3.3. Población y muestra	24
3.4. Toma de muestras	27
3.5. Análisis de los parámetros microbiológicos	28
3.5.1. Recuento de bacterias heterotróficas mesófilas viables	28
3.5.2. Presencia/ausencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes y <i>Escherichia coli</i>	29
3.6. Análisis de los parámetros fisicoquímicos	29
IV. RESULTADOS	31
V. DISCUSIÓN	42
VI. CONCLUSIONES	50
VII. RECOMENDACIONES.....	51
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Límites máximos permisibles (LMP) de parámetros microbiológico establecidos por el D.S. N° 031-2010-SA.	21
Tabla 2	Límites máximos permisibles (LMP) organoléptica establecidos por el D.S. N° 031-2010-SA.	21
Tabla 3	Ubicación geográfica de las comunidades del distrito de Río Magdalena, provincia La Mar, Ayacucho.	24
Tabla 4	Tamaño muestral para el análisis estadístico de la calidad del agua en 11 comunidades del distrito de Río Magdalena, provincia de La Mar, Ayacucho.	26
Tabla 5	Frecuencia de análisis microbiológico: presencia (+) o ausencia (-) de coliformes totales, coliformes termotolerantes (fecales) y <i>Escherichia coli</i> en once comunidades evaluadas, tanto en reservorios como en grifos domiciliarios del distrito de Río Magdalena durante un periodo de seis meses.	32
Tabla 6	Análisis de minerales en muestras de agua de consumo humano de reservorios y grifos domiciliarios del distrito de Río Magdalena, durante seis meses de monitoreo.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1	Estructura molecular de o-nitrofenil- β -D-galactopiranosido (ONPG) 17
Figura 2	Estructura molecular de o-metil umbelliferone- β -D-glucuronido (MUG) 17
Figura 3	Esquema de la reacción enzimática del sustrato o-nitrofenil- β -D-galactopiranosido (ONPG) por la β -galactosidasa en bacterias coliformes 19
Figura 4	Esquema de la reacción enzimática del sustrato o-metil umbelliferone- β -D-glucuronido (MUG) por la β -glucuronidasa en bacterias coliformes 20
Figura 5	Ubicación georreferencial de los puntos de muestreo del distrito Río Magdalena, provincia La Mar, Ayacucho 23
Figura 6	Valores promedio de bacterias heterotróficas mesófilas viables (BHMV) en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios en el distrito de Río Magdalena, durante un periodo de monitoreo de seis meses. 33
Figura 7	Valores promedio de potencial de hidrógeno (pH) en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios en el distrito de Río Magdalena, durante un periodo de monitoreo de seis meses. 34
Figura 8	Valores promedio de turbidez (UNT) en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios en el distrito de Río Magdalena, durante un periodo de monitoreo de seis meses. 35
Figura 9	Valores promedio de color (Pt/Co) en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios en el distrito de Río Magdalena, durante un periodo de monitoreo de seis meses. 36
Figura 10	Valores promedio de conductividad (μ S/cm) en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios en el distrito de Río Magdalena, durante un periodo de monitoreo de seis meses. 37
Figura 11	Valores promedio de sólidos disueltos totales (SDT) en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios en el distrito de Río Magdalena, durante un periodo de monitoreo de seis meses. 38
Figura 12	Porcentaje de muestras que cumplieron los límites máximos permisibles (LMP) de pH (6,5 a 8,5), según el D.S. N° 031-2010-SA, diferenciando dos puntos de muestreo: reservorio y grifo domiciliario. 39
Figura 13	Porcentaje de muestras que cumplieron los límites máximos permisibles (LMP) de <i>Escherichia coli</i> , según el D.S. N° 031-2010-SA, diferenciando dos puntos de muestreo: reservorio y grifo domiciliario. 40

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Matriz de consistencia.	59
Anexo 2 Límites máximos permisibles (LMP) de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos.	60
Anexo 3 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Monterrico alta del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú,2025.	61
Anexo 4 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Buenos Aires del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú,2025.	62
Anexo 5 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Santa Cruzniyocc del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú,2025.	63
Anexo 6 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de San Agustín del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú,2025.	64
Anexo 7 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Talanquiato del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú,2025.	65
Anexo 8 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Villa Rica del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú,2025.	66
Anexo 9 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Unión Vista Alegre del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú,2025.	67
Anexo 10 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Puente Belén del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú,2025.	68
Anexo 11 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Paquichari del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú,2025.	69
Anexo 12 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Nueva Jerusalén del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú,2025.	70
Anexo 13 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Monterrico del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú,2025.	71
Anexo 14 Preparación de materiales para el análisis de bacterias heterotróficas mesófilas viables (BHMV).	72
Anexo 15 Puntos de muestreo (reservorios y grifos domiciliarios) del distrito de Río Magdalena, provincia La Mar, Ayacucho.	73

Anexo 16	Recolección de muestras de agua para consumo humano en reservorios y grifos domiciliarios del distrito de Río Magdalena, provincia La Mar, Ayacucho.	74
Anexo 17	Procesamiento microbiológico de muestras en el Laboratorio de Microbiología Ambiental, en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.	75
Anexo 18	Lectura de resultados microbiológicos en el Laboratorio de Microbiología Ambiental, en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga	76

RESUMEN

El acceso al agua potable es un derecho humano fundamental. En el distrito de Río Magdalena, integrado por once centros poblados en la zona rural del VRAEM, el abastecimiento de agua para consumo humano depende principalmente de fuentes superficiales, altamente vulnerables a la contaminación por arrastre de sedimentos durante la temporada de lluvias. Se evaluó la calidad microbiológica y fisicoquímica de del agua de consumo humano, mediante la detección de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* empleando el método Colilert-18, y de bacterias heterótrofas (BHMV) por recuento en placa. Los parámetros fisicoquímicos evaluados incluyeron pH, conductividad, sólidos disueltos totales (SDT), turbidez y color. Los resultados revelaron que, en las muestras de reservorio, la presencia de coliformes totales alcanzó el 90,9 % y coliformes termotolerantes el 86,4 %; además, *E. coli* se detectó en el 60,6 % de los casos. En los grifos domiciliarios, estas prevalencias fueron aún mayores: 92,4 % para coliformes totales y termotolerantes, y 69,7 % para *E. coli*. Los recuentos de BHMV oscilaron entre 548 y 3×10^3 UFC/mL. En el ámbito fisicoquímico, el 68,18 % incumplió los límites establecidos de pH, el 100% excedió los valores permisibles de turbidez y color, y se registró ausencia total de cloro residual libre (0,0 ppm). Estos hallazgos no cumplen con los estándares del D.S. N° 031-2010-SA, lo que evidencia una desinfección nula o inadecuada, así como un elevado riesgo sanitario. La persistencia de la contaminación en reservorios y grifos señala deficiencias estructurales en el sistema de abastecimiento. Aunque la ausencia de cloro residual libre sugiere una falta de cloración; sin embargo, su aplicación directa en aguas con alta turbidez y color generaría subproductos potencialmente cancerígenos, como trihalometanos. Por ende, se requiere un abordaje integral y más profundo para garantizar la seguridad hídrica en la zona.

Palabras clave: Calidad microbiológica, *Escherichia coli*, agua de consumo humano.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para la vida; no obstante, el simple acceso a ella resulta insuficiente, ya que para que cumpla su función, debe ser segura y de calidad. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017) el acceso al agua potable es un derecho humano, al igual que la vida y la dignidad. A nivel global, la calidad de agua se ve comprometida por factores antropogénicos y naturales, alterando sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, lo cual representa un desafío sanitario (IANAS, 2019). En consecuencia, el consumo de agua que no cumple con los estándares de potabilidad expone a la población a enfermedades de transmisión hídrica como la Hepatitis A, el cólera, la fiebre tifoidea y diversa parasitosis intestinal, afectando principalmente a los grupos vulnerables como niños y adultos mayores (SUNASS, 2024). La vigilancia de la calidad del agua no es solo un requisito técnico, sino también una obligación ética del estado para garantizar el bienestar de sus ciudadanos.

En el Perú, si bien se ha avanzado en la ampliación de la cobertura de servicios de saneamiento en las últimas décadas, aún se observan diferencias entre las zonas urbanas y rurales. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2023), el acceso al agua por red pública a nivel nacional supera el 93 %; sin embargo, en el ámbito rural este porcentaje disminuye a 78,7 %, mientras que el 21,3 % restante carece de acceso a este servicio. La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS, 2022) reporta que las Entidades Prestadoras de Servicio de Saneamiento (EPS) y las Juntas Administrativas de Servicios de Saneamiento (JASS) en zonas alejadas no cumple con los estándares de cloración residual.

El Estado peruano regula y supervisa la calidad del agua potable mediante el Decreto Supremo N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud, que establece los límites máximos

permisibles (LMP) para parámetros físicos, químicos y microbiológicos, garantizando que no represente riesgos para la salud. Sin embargo, la aplicación de estas normas en territorios con geografía compleja y dispersión poblacional como la sierra y selva del país, enfrenta obstáculos logísticos y económicos que dificulta su monitoreo constante.

Esta problemática adquiere una relevancia crítica en la región de Ayacucho, específicamente en la provincia de La Mar, distrito de Río Magdalena, ubicado en los Valles de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM). En el distrito de Río Magdalena, el abastecimiento de agua proviene principalmente de fuentes superficiales como ríos y riachuelos, altamente vulnerables a la contaminación por arrastre de sedimentos en temporada de lluvias. La población cuenta solo con un sistema básico, limitado esencialmente a la desinfección. De acuerdo con el informe del Plan de Desarrollo Local Concertado del distrito de Río de Magdalena (PDCL, 2024), el 62,82 % accede al agua “potable” por red pública, pero persisten carencias en saneamiento básico, como monitoreo del agua y desagüe. El servicio de alcantarillado se limita a la capital, dejando a las once comunidades restantes sin él, lo que fomenta deposición al aire libre y contamina manantiales, ríos y riachuelos. En este sentido, la importancia de investigar para generar evidencia que permita evaluar la situación real del recurso hídrico consumido por sus habitantes. Por ello, este trabajo de investigación se llevó a cabo con los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Evaluar la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano en el distrito de Río Magdalena y sus comunidades, La Mar, Ayacucho.

Objetivos específicos

- Determinar la calidad microbiológica de las aguas de consumo humano en el distrito de Río Magdalena y sus comunidades, La Mar, Ayacucho.
- Determinar la calidad fisicoquímica de las aguas de consumo humano en el distrito de Río Magdalena y sus comunidades, La Mar, Ayacucho.
- Comparar la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano entre reservorios y grifos domiciliarios del distrito de Río Magdalena y sus comunidades, La Mar, Ayacucho.
- Comparar la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano con los estándares permitidos para el consumo humano según el DS N°031-2010-SA.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Cruz & Montañez (2024), en la investigación titulada “Diagnóstico de la calidad bacteriológica del agua potable en algunas comunidades rurales de la región de Azuero”, Panamá. Evaluaron el estado bacteriológico conforme al Reglamento Técnico DGNTI - COPANIT 21 - 2019 durante los meses de enero a marzo de 2020. Para ello, emplearon la técnica de filtración de membrana para detectar y cuantificar coliformes totales, *Escherichia coli* y heterótrofos totales. De igual forma, midieron parámetros fisicoquímicos como el potencial de hidrógeno (pH), la temperatura, el cloro residual y la conductividad. Obteniendo resultados bacteriológicos superiores a los límites permisibles establecidos para el agua potable en el país, mientras que los parámetros fisicoquímicos cumplieron con los estándares establecidos, excepto el cloro residual.

Ávila *et al.*, (2024), en la investigación titulada “Contaminación microbiológica en agua potable de localidades rurales en el municipio de Ahome, Sinaloa, México”. Evaluaron la calidad sanitaria del agua potable domiciliaria en 15 localidades rurales, conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM – 127 – SSA1 – 2021, durante el periodo de marzo a julio de 2023. Analizaron los coliformes termotolerantes utilizando el método de filtración de membrana, así como la concentración de cloro residual. Encontraron que el 80 % de las comunidades rurales presentaron resultados positivos para coliformes termotolerantes y una presencia mínima o ausente de cloro residual, evidenciando el incumplimiento de las normativas mexicanas.

Oleas (2016), en la investigación titulada “La calidad de agua de consumo humano en la parroquia rural Cubijés del cantón Riobamba, Ecuador”. Cuyo objetivo fue evaluar la calidad física, química y microbiológica del agua destinada al consumo humano conforme a la norma NTE INEN 1108:2014 “Agua potable”. Consideró los parámetros físicos (temperatura, conductividad y sólidos totales disueltos), químicos (pH, nitritos,

nitratos y fluoruros) y microbiológicos (coliformes fecales. Utilizó el método HACH, método de filtración por membrana y el método estándar para los análisis. Los resultados mostraron que los parámetros químicos cumplieron con la normativa, excepto el pH. Además, la conductividad (1055 mS/m) y los sólidos totales disueltos (500 mg/L) superaron los límites permitidos. El análisis microbiológico reveló contaminación por coliformes fecales por encima del valor normativo. En consecuencia, concluyó que el agua consumida en Cubijíes no era apta para el consumo humano.

Gonzales *et al.*, (2023), en la investigación titulada “Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en seis comunidades rurales altoandinas de Huancavelica-Perú”. Evaluaron en 17 reservorios los parámetros fisicoquímicos como turbidez, conductividad eléctrica, pH, total de sólidos disueltos y potencial de oxidación. En cuanto a los parámetros microbiológicos, analizaron la presencia de *Escherichia coli*, coliformes termotolerantes, utilizando el método del Número Más Probable (NMP). Los resultados mostraron que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos se encontraban dentro de las normativas establecidas, excepto un reservorio que superó el límite de turbidez de 5 NTU, conforme a la norma D.S. N° 031-2010 - SA y los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Sin embargo, los parámetros microbiológicos excedieron los límites permitidos por el reglamento de agua de consumo humano.

Cruz (2023), en la investigación titulada “Evaluación del nivel de contaminación de los principales parámetros microbiológicos de control sanitario del agua potable del distrito de Ilave 2021 – 2022”, Puno. Analizó los parámetros microbiológicos (coliformes totales, coliformes termotolerantes y *E. coli*) en la captación, reservorio y en las principales redes de suministro de agua en viviendas, durante un periodo de tres meses. Los resultados revelaron que los coliformes totales (37 UFC/100 mL) y termotolerantes (9 UFC/100 mL) se encontraban dentro de lo permitido, mientras *E. coli* (2 UFC/100 mL) excedió los Límites Máximos Permitidos según el D.S. N.º 031-2010 SA, concluyendo que existe un alto nivel de contaminación microbiológica en agua de consumo humano del distrito de Ilave.

Sempértegui (2021), en la investigación titulada “Calidad microbiológica del agua de consumo humano en la comunidad de Colpa Tuapampa, Chota”, Cajamarca. Monitoreó tres captaciones durante un periodo de cuatro meses. Realizando análisis microbiológicos mediante la técnica de filtración por membrana, y para los análisis fisicoquímicos emplearon técnicas electrométricas, nefelométricas y gravimétricas.

Hallando valores elevados de coliformes totales (200 UFC/100ml), coliformes termotolerantes (220 UFC/100 ml) y *Escherichia coli* (188 UFC/100 ml). Los cuales superaron los límites establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”. En consecuencia, Concluyó que el agua destinada al consumo humano en la comunidad de Colpa Tuapampa no era apta para el consumo debido a la alta concentración de bacterias, presentando un riesgo para la salud de la población.

Palomino (2016), en la investigación titulada “Calidad del agua de consumo del distrito de Anco, La Mar, Ayacucho 2016”. Cuyo objetivo fue evaluar los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos, empleando la técnica de siembra por incorporación para enumerar las bacterias heterotróficas mesófilas viables (BHMV), así como la técnica de filtración por membrana para cuantificar los coliformes totales y coliformes termotolerantes. Para el análisis fisicoquímico, utilizó técnicas electrométricas, nefelométricas, volumétricas y colorimétricas. Monitoreo en 12 comunidades durante las épocas de estiaje y lluvia. Los resultados microbiológicos revelaron la presencia de coliformes totales (100%) por encima de los límites máximos permisibles (LMP). Así como coliformes termotolerantes en tres comunidades del distrito. Sin embargo, los recuentos de bacterias heterotróficas mesófilas viables (BHMV) se encuentra dentro de los LMP. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, la mayoría se situó dentro de los rangos permitidos por la normativa, mientras, el análisis de parámetros químicos inorgánicos evidenció la presencia de arsénico en concentraciones superiores a los valores permitidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) en dos comunidades. Concluyendo que el agua de las cinco comunidades del distrito de Anco no cumple con todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA.

DEVIDA (2013), en la investigación titulada “La Calidad del Agua en el Valle del Río Apurímac”, realizaron análisis fisicoquímicos en 33 microcuencas afluentes del río, evaluando 18 parámetros fisicoquímicos. Encontraron una situación crítica en algunas microcuencas, y el estudio concluyó que el vertido de ácidos inorgánicos es la causa probable de la contaminación con metales pesados (cromo, plomo, níquel, etc.), encontraron niveles alarmantes en seis microcuencas: Samugari, Piene, Kintipikirki, Sivia, Tinkuy y Sabogato. Las cuales superaban los estándares establecidos por la normativa peruana. Asimismo, señalaron que el 90 % de las microcuencas presentaban altos niveles de turbidez.

2.2. Marco conceptual

Agua entubada. Agua conducida por tuberías desde manantial o ríos sin tratamiento de purificación, exponiendo a riesgos de salud (González & Tello, 2018)

Agua potable. Agua tratada físicamente, químicamente o biológicamente para ser inocua, sin color, olor, ni microorganismos patógenos (MINSA, 2011).

Agua para consumo humano. Agua segura y adecuada que no contiene ningún tipo de microorganismo en una cantidad que pueda ser un problema para la salud humana (DIGESA, 2015).

Bacterias heterotróficas mesófilas viables. Bacterias aerobias y anaerobias facultativas, mesófilos que utilizan nutrientes orgánicos para su crecimiento y son capaces de crecer en medios de agar nutritivo (Bartram *et al.*, 2003).

Calidad de agua. Agua que cumple con las condiciones físicas, químicas y biológicas para el consumo humano, animal o ambiental sea de forma natural o alterada por el ser humano (DIGESA, 2015).

Cloro residual. Concentración de cloro activo presente en el agua destinada al consumo humano, principalmente como ácido hipocloroso e hipoclorito, que garantiza la protección contra posibles contaminantes microbiológicos tras la cloración (DIGESA, 2015).

Coliformes. Bacterias Gram negativas, no producen esporas y son anaerobias facultativas; además, fermentan la lactosa generando ácido y gas en presencia de sales biliares durante 48 horas a una temperatura de 35 °C. Actúan como indicadores de potencial contaminación fecal o sanitaria inadecuada en el agua (APHA, 2017).

Coliformes totales. Incluye todas las bacterias del grupo coliforme, representa contaminación general, no solo fecal, y se cuantifican por número más probable (NMP) o UFC/100 mL (APHA, 2017).

Coliformes termotolerantes. Subgrupo de coliformes totales que, además de compartir características generales, fermentan lactosa produciendo ácidos y gas a 44,5 °C en 24 horas. Se consideran indicadores específicos de contaminación fecal reciente (APHA, 2017).

Límite máximo permisible. Son los niveles máximos de concentración de sustancias químicas o biológicas permitidos en el agua. Estos valores son establecidos por las autoridades reguladoras para los parámetros de calidad del agua (DIGESA, 2015).

Metales pesados. Son elementos químicos de alta densidad y toxicidad para la salud humana y el medio ambiente, incluso en pequeñas cantidades (OMS, 2017).

Parámetro microbiológico. Son microorganismos que indican la presencia de contaminación y/o agentes patógenos en el agua destinada al consumo humano (DIGESA, 2015).

Parámetro fisicoquímico. Una propiedad del agua que es medible y que combina propiedades físicas y químicas para determinar su calidad y potabilidad. Estos indicadores contribuyen a identificar contaminantes, procesos naturales o impactos de origen humano (APHA, 2017).

Sistema de abastecimiento. Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que, mediante procesos operativos, administrativos y equipos requeridos, se activan desde la captación hasta el suministro del agua (DIGESA, 2015).

Colilert. Tecnología de sustrato definido permite la detección simultánea de coliformes totales y *E. coli*. Contiene dos indicadores de nutrientes ONPG y MUG actúan como las principales fuentes de carbono (IDEXX, s. f.).

Sustrato definido. Son compuestos cromogénicos y fluorogénicos específicos que se crean con el fin de ser metabolizados solamente por las enzimas constitutivas de bacterias indicadoras, posibilitando su detección a la vez sin necesidad de una confirmación posterior (Ramoutar, 2020).

Sustrato cromogénico. Compuestos sintéticos diseñados para ser hidrolizados específicamente por enzimas constitutivas de bacterias indicadoras, produciendo así productos fluorescentes o coloreados que facilitan su identificación visual (Pisciotta *et al.*, 2002).

Sustrato fluorogénico. Compuesto sintético no fluorescente que, al hidrolizarse por una enzima constitutiva específica de las bacterias objetivo, genera una molécula fluorescente detectable con luz ultravioleta (Pisciotta *et al.*, 2002).

β -galactosidasa. Es una enzima constitutiva que las bacterias coliformes producen y se encarga de hidrolizar sustratos cromogénicos, entre ellos el ONPG (o-nitrofenil- β -D-galactopiranosido) (Tryland & Fiksdal, 1998).

β -glucuronidasa. Es una enzima constitutiva que producen el 95 % de las cepas de *E. coli*, las cuales hidrolizan sustratos fluorogénicos como MUG (4-metilumbeliferil- β -D-glucurónido) (Tryland & Fiksdal, 1998).

MUG (o-metil umbelliferone- β -D-glucurónido). Es un sustrato fluorogénico de origen sintético que, tras ser hidrolizado por la enzima β -glucuronidasa, emite 4-metilumbeliferona, una sustancia fluorescente que puede ser detectada con luz ultravioleta (Tryland & Fiksdal, 1998).

ONPG (o-nitrofenil- β -D-galactopiranosido). Es un sustrato cromogénico sintético que, cuando se hidroliza con β -galactosidasa, libera o-nitrofenol. Este es un compuesto amarillo que puede ser detectado a simple vista (Tryland & Fiksdal, 1998).

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Agua

El agua, cuya fórmula química es H₂O, se define como un líquido inodoro, insípido, incoloro y transparente, compuesto por la unión de dos átomos de hidrógeno (H) y un átomo de oxígeno (O). Su estructura molecular dipolar, caracterizada por una carga tanto positiva como negativa, le confiere la propiedad de ser un disolvente universal. Además, el agua actúa como un vehículo esencial para el desarrollo de complejas reacciones bioquímicas, posibilitando así la actividad vital de los organismos (Marín, 2003). Este compuesto único se presenta en los tres estados físicos líquido, sólido y gaseoso en nuestro planeta. El agua cubre aproximadamente el 71 % de la superficie terrestre, siendo el 97,5 % de esta agua salada. Del 2,5 % restante, que corresponde al agua dulce, solo el 0,3 % se encuentra disponible en lagos, reservorios y ríos. Un 31 % constituye el agua subterránea, incluyendo la humedad del suelo, pantanos y permafrost, mientras que el 68,7 % se halla en glaciares y nevados (Fernández & Crespo, 2008).

2.3.2. Agua para consumo humano

El agua destinada al consumo humano se obtiene de fuentes naturales como ríos, lagos, manantiales o acuíferos subterráneos. Esta agua es captada, tratada y luego distribuida a través de redes hasta llegar a los hogares. Es fundamental para diversos usos

domésticos cotidianos, entre ellos beber, cocinar y mantener la higiene personal (Varón *et al.*, 2019; OMS, 2017). Según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, establecido en el DS N° 031-2010-SA, define que el agua debe ser inocua y cumplir con los estándares de calidad establecidos. Esto implica la ausencia de diversos contaminantes biológicos y el respeto de los límites permisibles para sustancias inorgánicas y orgánicas. El reglamento establece que el agua para consumo humano debe estar exenta de bacterias coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Además, especifica la ausencia de virus, huevos y larvas de helmintos, así como quistes y ooquistes de protozoarios patógenos. Asimismo, prohíbe la presencia de organismos de vida libre, tales como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en cualquiera de sus etapas de desarrollo. En cuanto a las bacterias heterotróficas, se fija un límite máximo de 500 UFC/ ml a 35 °C. Además de los criterios microbiológicos, el reglamento establece que el agua no debe superar los límites máximos permisibles para parámetros inorgánicos y orgánicos, los cuales se refieren a la concentración de diversas sustancias químicas que, en niveles elevados, pueden representar un riesgo para la salud humana (MINSA, 2011).

2.3.3. Contaminantes del agua de consumo humano

Según la Organización Mundial de la Salud, los contaminantes del agua de consumo humano derivan de cuatro aspectos principales. El primero es la parte microbiológica, que se debe a la falta de seguridad en el abastecimiento, ya sea en la fuente, en el tratamiento o en la distribución del agua. Esto explica la causa de brotes de enfermedades provocados por bacterias, virus y parásitos patógenos. El segundo aspecto son los contaminantes químicos, que pueden ser peligrosos para la salud, principalmente por una exposición prolongada, aunque solo se trata de algunas sustancias químicas específicas. Para estas se establecen valores de referencia basados en criterios relacionados con la salud. Estas sustancias provienen de fuentes naturales, industriales, actividades agropecuarias, materiales utilizados en el tratamiento del agua y plaguicidas empleados por motivos de salud pública, como en el control del dengue. El tercer aspecto corresponde a los contaminantes radiológicos, indicándose que el agua de consumo humano puede contener sustancias radiactivas, ya sean de origen natural o derivadas de actividades humanas. Por último, están los contaminantes emergentes, que son consecuencia de cambios globales, el desarrollo humano, el crecimiento demográfico y el cambio climático, los cuales influyen en la calidad y cantidad de los recursos hídricos. Entre estos contaminantes emergentes, uno

de los más preocupantes son los agentes patógenos, cuya presencia ha aumentado hasta un 75 %, lo que plantea un mayor desafío para garantizar la seguridad del agua de consumo humano (OMS, 2017).

2.3.4. Calidad microbiológica del agua

Es un conjunto de características que garantizan la ausencia de microorganismos patógenos y de indicadores de contaminación fecal en concentraciones que no representen un riesgo para la salud pública. Entre los diversos indicadores utilizados, destacan los coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*, siendo esta última el indicador más específico para detectar contaminación fecal reciente en comparación con otras especies; este enfoque se basa en la estrategia de múltiples barreras, que abarca desde la protección de la fuente hasta el punto de consumo, reconociendo que la seguridad microbiológica depende del tratamiento inicial y de la estabilidad biológica del agua en la red, logrando controlar el crecimiento bacteriano mediante la limitación de los nutrientes asimilables y el mantenimiento de desinfectantes residuales (Volf *et al.*, 2025).

Coliformes

Son un conjunto de bacterias que no forman esporas, son Gram-negativas y pueden ser aerobias o anaerobias facultativas pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae (*Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*). Se caracterizan por fermentar lactosa con producción de ácido y gas a 35 - 37 °C en un lapso de 24 - 48 horas en medios selectivos como el caldo lauril triptosa o el agar EMB. Por lo tanto, funcionan como indicadores de contaminación fecal e higiene en agua para consumo humano (APHA, 2017).

La presencia de estas bacterias no significa necesariamente que el consumo de esa agua cause enfermedades. Sin embargo, indica la existencia de una vía de contaminación que conecta una fuente bacteriana y el suministro de agua. A través de esta vía, las bacterias causantes de enfermedades pueden ingresar al agua de consumo humano (Swistock, 2023). Los coliformes se dividen en dos grandes grupos: totales y termotolerantes.

- **Coliformes totales**

Son bacterias heterótrofas que pueden sobrevivir y proliferar en ambientes acuáticos, presentes tanto en aguas residuales como en fuentes naturales, exceptuando

Escherichia coli. Estas bacterias tienen la capacidad de multiplicarse en suelos, medios acuáticos y sistemas de distribución, especialmente en biopelículas. Su metabolismo incluye la fermentación de lactosa, proceso mediante el cual producen ácido en un periodo de 24 a 48 horas a temperaturas de 35 a 37 °C, generando la enzima β -galactosidasa. Aunque los coliformes totales no son indicadores específicos de patógenos fecales, resultan útiles para evaluar la limpieza y la integridad de las redes de distribución, así como para detectar posibles proliferaciones bacterianas después de la desinfección. Su presencia suele indicar un tratamiento insuficiente o contaminación proveniente de tierra y plantas. Sin embargo, es importante destacar que estas bacterias son más sensibles a los desinfectantes en comparación con virus y protozoos. (OMS, 2017).

- **Coliformes termotolerantes**

Son un subgrupo de las bacterias coliformes totales que se caracterizan por su capacidad para fermentar lactosa a temperaturas elevadas, alrededor de 44,5 °C. La mayoría de estas bacterias están representadas por *E. coli*, aunque también incluyen otros géneros como *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*. Este grupo se considera un indicador aceptable, aunque no tan confiable como *E. coli*. Esta última es utilizada principalmente en los programas de monitoreo del agua debido a su mayor sensibilidad a los procesos de desinfección en comparación con virus entéricos y protozoos. *E. coli* se diferencia de otros coliformes termotolerantes por su capacidad para sintetizar indol a partir del triptófano y por la producción de la enzima β -glucuronidasa. Es considerada un indicador fecal reciente, por lo que, si se detecta su presencia, se deben tomar medidas inmediatas. Estas incluyen la realización de muestreos adicionales y la investigación de posibles fuentes de contaminación, tales como un tratamiento inadecuado o daños en la integridad del sistema de distribución del agua (OMS, 2017).

Bacterias heterotróficas mesófilas viables

Son bacterias que requieren carbono orgánico para su crecimiento (heterótrofos), se desarrollan de manera óptima en rangos de temperatura moderada, entre 20 y 40 °C (mesófilos), y mantienen capacidad metabólica para reproducirse bajo condiciones de cultivo adecuadas (viables). Estas bacterias se cuantifican mediante métodos de recuento en placa, contabilizando aquellas células viables y metabólicamente activas que forman colonias visibles al término del periodo de incubación. Un recuento elevado puede indicar la presencia de carbono orgánico asimilable en el agua tratada. Cuando el agua contiene una mayor cantidad de nutrientes orgánicos, se favorece el crecimiento

bacteriano en las redes de distribución, especialmente en zonas de estancamiento o con pérdida de desinfectante residual. Si esto ocurre en sistemas de agua destinados al consumo humano, puede generar la formación de biopelículas en tuberías, alteraciones organolépticas e interferencias en la detección de coliformes cuando el recuento supera las 500 a 1 000 UFC/mL. No obstante, no existe evidencia epidemiológica que relacione directamente los valores de recuento de bacterias heterotróficas con riesgos para la salud de la población en general, siempre que el agua esté libre de contaminación fecal. Sin embargo, su monitoreo es útil para validar y verificar la eficacia de los procesos de tratamiento, detectar condiciones favorables para el crecimiento bacteriano y evaluar la estabilidad biológica del agua en la red de distribución (Bartram *et al.*, 2003).

2.3.5. Calidad fisicoquímica del agua

Es el conjunto de propiedades físicas y químicas que describen el estado del agua y determinan su aptitud para un uso específico, como consumo humano, riego o sostenibilidad de ecosistemas acuáticos. Comprende parámetros como pH, temperatura, turbidez, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos y metales pesados, cuyos valores se comparan con estándares de calidad establecidos. Estos parámetros reflejan la influencia de procesos naturales y actividades humanas sobre el cuerpo de agua, permitiendo identificar impactos de contaminación y deterioro ambiental. La evaluación de la calidad fisicoquímica permite evaluar el grado de contaminación, orientar estrategias de tratamiento y proteger la salud pública. Además, sirve como base para planes de gestión y monitoreo de recursos hídricos, aportando información cuantitativa y reproducible en el tiempo y el espacio (Samboni *et al.*, 2007; Khan & Butt, 2022)

Parámetros físicos

- **Sólidos disueltos totales**

Son la suma de sales inorgánicas y compuestos orgánicos disueltos, originados por la meteorización de rocas, actividades industriales o agrícolas, y pueden estar presentes de forma natural o antropogénica en el agua para consumo humano (DIGESA, 2018). Cuando su concentración es menor a 600 mg/L, se consideran aceptables en cuanto al sabor; sin embargo, al superar los 1 000 mg/L, la aceptabilidad del sabor disminuye. Además, en concentraciones elevadas, provocan incrustaciones en tuberías, calentadores, calderas y electrodomésticos, representando un problema para los consumidores (OMS, 2017).

- **Turbidez**

Mide la presencia de partículas suspendidas, como arcillas, sedimentos orgánicos y microorganismos adheridos, que ingresan al agua mediante escorrentía, erosión o deficiencias en el tratamiento (DIGESA, 2018). Estas partículas reducen la eficacia de la desinfección y aumentan los riesgos microbiológicos. Aunque las partículas responsables de la turbidez no están directamente relacionadas con riesgos para la salud, pueden indicar la presencia de contaminantes químicos y microbianos peligrosos. Generalmente, las personas asocian la calidad del agua con su claridad, considerando que el agua turbia no es apta para el consumo. Por ello, el tratamiento del agua potable se justifica en gran parte por razones estéticas, ya que la turbidez genera rechazo en los consumidores. (OMS, 2017).

- **Color**

Indica la presencia de sustancias disueltas, como hierro, manganeso y materia orgánica húmica, que pueden provenir de la cuenca. Aunque no siempre representan un peligro directo para la salud, pueden afectar la estética del agua y servir como indicadores de reacciones químicas o corrosión en las redes (DIGESA, 2018). El tratamiento del color es importante porque influye en la percepción del consumidor y puede generar rechazo. (OMS, 2017).

- **Temperatura**

Influye en la capacidad de disolución del oxígeno, la velocidad de las reacciones químicas y el crecimiento biológico; niveles elevados favorecen la proliferación de microorganismos y disminuyen la eficacia de desinfectantes como el cloro, por lo que su control es fundamental para proteger la potabilidad y la salud de los consumidores (DIGESA, 2018). Según la OMS, el agua fría resulta más aceptable y agradable para el consumo.

Parámetros químicos

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del agua, expresado en una escala que va de 0 a 14 (Chaquea, 2016). En el agua de consumo humano, el pH puede variar por procesos naturales, como la disolución de CO₂ o la interacción con rocas, o por tratamientos químicos como la cloración y coagulación, siendo habitualmente regulado entre 6,5 y 8,5. Un pH muy bajo (ácido) puede disolver metales pesados presentes en

las tuberías, aumentando el riesgo tóxico, mientras que un pH muy alto (alcalino) puede generar sabores desagradables, provocar incrustaciones y afectar la eficacia de los desinfectantes. (Marín, 2003).

- **Conductividad**

Mide la capacidad del agua para conducir electricidad, determinada por la concentración total de iones disueltos, como sales, minerales y contaminantes. En el agua de consumo humano suele aumentar por la presencia de cloruros, sodio, calcio, magnesio y otros electrolitos derivados de la meteorización de rocas o de contaminación agrícola e industrial. Valores altos de conductividad pueden indicar exceso de salinidad o contaminación inorgánica, esto requiere precaución en grupos vulnerables como bebés, ancianos o personas con enfermedades renales o cardiovasculares, y puede requerir monitoreo y tratamiento adicional (Solís *et al.*, 2018).

Minerales

- **Aluminio**

El aluminio es un metal común que puede estar presente en el agua potable como ion Al^{3+} o en forma de complejos hidroxilados, principalmente por meteorización de rocas y uso de sales de aluminio en coagulantes durante el tratamiento. Puede encontrarse en agua de consumo humano por liberación natural de formaciones geológicas o por coagulación inadecuada en plantas de potabilización, con riesgo de rebasar valores guía de 0,2 mg/L. Debido a su posible asociación con efectos neurotóxicos y a la sensibilidad de grupos vulnerables, se recomienda monitoreo riguroso y control de dosis de coagulantes para evitar exposiciones crónicas (Ospina & Cardona, 2021).

- **Hierro**

Es un metal esencial que se disuelve en el agua como Fe^{2+} o Fe^{3+} , procedente de formaciones rocosas, tuberías corroídas o sistemas de abastecimiento mal protegidos. En agua de consumo humano aparece por lixiviación de minerales ferrosos, corrosión de conducciones o pozos, y puede superar recomendaciones de 200 $\mu\text{g/L}$, generando color rojizo, sedimentos y turbidez. Aunque en bajas concentraciones su riesgo tóxico directo es moderado, altos niveles favorecen obstrucciones en redes, proliferación microbiana y alteran la aceptabilidad sensorial, por lo que debe vigilarse en el monitoreo de calidad (OMS, 2017).

- **Mercurio**

Es un metal pesado altamente tóxico que se encuentra en el agua principalmente como Hg^{2+} o compuestos orgánicos (p. ej., metilmercurio), derivados de actividades mineras, industriales o deposición atmosférica. En agua de consumo humano puede estar presente por contaminación de aguas superficiales o subterráneas, con concentraciones que en algunos casos superan límites de 2 $\mu\text{g/L}$, incluso en regiones con minería aurífera o depósitos naturales. Debido a su neurotoxicidad, capacidad de bioacumulación y efectos teratógenos, cualquier nivel detectable requiere estricto control, ya que trazas ya contribuyen a la carga corporal crónica y elevan riesgo, sobre todo en mujeres embarazadas y niños (Pérez *et al.*, 2015; Arriaga & Díaz, 2014).

- **Níquel**

Es un metal de transición que se disuelve en el agua como Ni^{2+} , procedente de meteorización de rocas ricas en sulfuros, efluentes industriales o redes metálicas. En agua de consumo humano puede aparecer por descargas industriales, lixiviación de aceros inoxidables o sistemas de almacenamiento, con recomendaciones de guía cercanas a 0,1 mg/L según agencias ambientales. Dado su potencial alergénico y su capacidad para acumularse en órganos, concentraciones elevadas o prolongadas exigen tratamiento de remediación biológica o físico-química y monitoreo continuo (R. A. González *et al.*, 2021).

- **Selenio**

Es un oligoelemento esencial en pequeñas dosis, presente en el agua como selenatos (SeO_4^{2-}) o selenitos (SeO_3^{2-}), de origen natural en zonas volcánicas o sedimentarias ricas en selenio. En agua de consumo humano, su concentración puede aumentar a causa de la geología de la cuenca o al uso de fertilizantes agrícolas. Considerando la estrecha diferencia entre su beneficio nutricional y su toxicidad (selenosis), las concentraciones elevadas en el agua requieren vigilancia sanitaria y control de la ingesta total a través de alimentos y agua. (Hurtado & Gardea, 2007).

- **Plomo**

Es un metal pesado cuya presencia en el agua potable se debe principalmente a la corrosión de tuberías, soldaduras o accesorios con plomo, así como a la contaminación industrial o residuos. Considerando su neurotoxicidad, especialmente en el desarrollo infantil, su capacidad para interferir con la hematopoyesis y causar daño renal, cualquier

detección de plomo requiere intervención inmediata, que incluye el reemplazo de materiales, tratamiento químico y control sistemático del pH y la alcalinidad. (Flores *et al.*, 2017).

2.3.6. Tecnología de sustrato definido para evaluación microbiológica en agua

La detección de organismos indicadores en aguas ha experimentado una evolución significativa, transitando desde los métodos fermentativos tradicionales hacia la Tecnología de Sustratos Definidos (TSD). Esta metodología constituye un sistema basado en la reacción enzima-sustrato, diseñado para detectar, cuantificar y diferenciar coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en muestras de agua. Su fundamento reside en la identificación de enzimas específicas, codificadas genéticamente en los grupos bacterianos de interés, mediante la utilización de sustratos sintéticos cromogénicos y fluorogénicos. Estos compuestos son hidrolizados selectivamente por las enzimas diana, lo que permite la obtención de resultados sin requerir pruebas confirmatorias adicionales (IDEAM, 2020). Dicha técnica cuenta con la aprobación de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y está incorporada en la norma *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*; por ello, se emplea a nivel global para el monitoreo de la calidad microbiológica en aguas potables, residuales y fuentes de abastecimiento (IDEXX, s. f.).

Sustrato cromogénico. Compuesto sintético que han sido creados, como el o-nitrofenil- β -D-galactopiranosido (ONPG), para ser hidrolizados de manera específica por enzimas constitutivas de bacterias indicadoras, el cual produce productos coloreados que facilitan su identificación visual sin requerir etapas adicionales de confirmación (Pisciotta *et al.*, 2002).

Sustrato fluorogénico. Compuesto sintético no fluorescente, como el 4-metilumbeliferil- β -D-glucuronido (MUG) que, al ser hidrolizado por una enzima constitutiva específica de las bacterias objetivo, produce una molécula que sí es fluorescente y puede detectarse con luz ultravioleta, permitiendo identificar de manera específica y sensible a *Escherichia coli* sin requerir pasos adicionales de confirmación (Pisciotta *et al.*, 2002).

Colilert – 18

Utiliza la tecnología de sustrato definido, permitiendo la detección simultánea de coliformes totales y *E. coli*. Presenta dos indicadores de nutrientes, ONPG y MUG, que actúan como principales fuentes de carbono. La enzima β -galactosidasa presente en coliformes metaboliza el ONPG, transformándolo de incoloro a amarillo, mientras que *E. coli* utiliza la β -glucuronidasa para metabolizar el MUG, generando fluorescencia. La incubación se realiza a $35 \pm 0,5$ °C durante 18 – 24 horas, según la versión Colilert-18 o Colilert clásico. El método es sencillo de usar, gracias a sus paquetes monodosis que eliminan la necesidad de preparar medios y evitan la repetición de pruebas por obstrucciones en filtros o interferencias heterotróficas. Además, es un procedimiento rápido que requiere menos de un minuto de manipulación, detectando coliformes y *E. coli* en 18 horas o menos, sin necesidad de confirmación ni limpieza de materiales. (IDEXX, s. f.).

ONPG (o-nitrofenil- β -D-galactopiranósido). Su estructura molecular consta de dos partes: una unidad de D-galactopiranosa (parte glucídica) y un grupo o-nitrofenílico, unido al carbono 1 de la galactosa mediante un enlace β -glucósido, con fórmula molecular $C_{12}H_{15}NO_8$. (Pooja *et al.*, 2023).

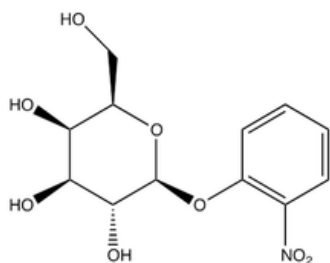


Figura 1. Estructura molecular de ONPG (Labus, 2018).

MUG (o-metil umbelliferone- β -D-glucurónido). Su estructura molecular está formada por dos partes: un núcleo de metilumbeliferona y un grupo β -D-glucurónido, unido mediante un enlace β -1,4 al átomo de oxígeno del anillo del metilumbeliferona, con fórmula molecular $C_{16}H_{16}O_9$.

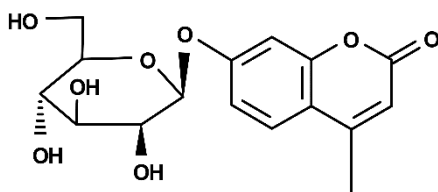


Figura 2. Estructura molecular de MUG (AAT Bioquest, s. f.)

Fundamento bioquímico de ONPG (Detección de Coliformes)

El sustrato ONPG (orto-nitrofenil- β -D-galactopiranosido) se utiliza como análogo cromogénico de la lactosa para la detección de la enzima β -galactosidasa. En la fisiología bacteriana convencional, la fermentación de la lactosa requiere dos pasos enzimáticos: primero, la lactosa permeasa transporta la lactosa a través de la membrana celular hacia el citoplasma; segundo, la β -galactosidasa (codificada por el gen *lacZ*) hidroliza el enlace β -glicosídico de la lactosa para producir glucosa y galactosa, generando ácido como subproducto (Leclerc *et al.*, 2001).

Sin embargo, algunos coliformes denominados "fermentadores lentos" poseen la enzima β -galactosidasa, pero carecen de una permeasa eficiente, lo que retrasa la entrada de lactosa y puede generar falsos negativos en métodos tradicionales de fermentación en tubos múltiples. El ONPG resuelve esta limitación bioquímica. Al ser una molécula más pequeña y lipofílica que la lactosa, el ONPG atraviesa la membrana celular bacteriana por difusión pasiva, sin depender estrictamente de la permeasa (APHA, 2017).

Una vez en el citoplasma, la β -galactosidasa reconoce el ONPG debido a su similitud estructural con la porción de galactosa de la lactosa. La enzima actúa como una hidrolasa exo- β -glicosidasa, rompiendo el enlace entre la galactosa y el grupo o-nitrofenil. El producto resultante de esta hidrólisis es el o-nitrofenol. En su estado unido (como parte del ONPG), el compuesto es incoloro; no obstante, al ser liberado en su forma libre, el o-nitrofenol actúa como un cromóforo que absorbe luz en la región visible, manifestando una coloración amarilla intensa, especialmente a pH alcalino o neutro propio del medio de cultivo (Edberg *et al.*, 1991).

Este cambio colorimétrico permite inferir la presencia de bacterias del grupo coliforme que poseen la enzima β -galactosidasa activa, independientemente de su capacidad para producir gas o acidificar el medio rápidamente. Por lo tanto, la reacción positiva (amarillo) confirma la presencia de coliformes totales con mayor sensibilidad y menor tiempo de incubación que los métodos basados únicamente en la fermentación de carbohidratos (ISO, 2014).

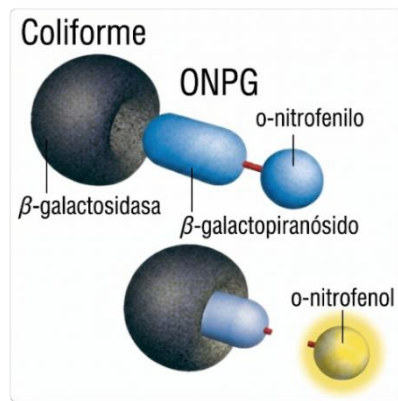


Figura 3. Esquema de la reacción enzimática del sustrato o-nitrofenil- β -D-galactopiranosido (ONPG) por la β -galactosidasa en bacterias coliformes (IDEXX, s. f.).

Fundamento bioquímico del MUG (Detección de *Escherichia coli*)

Para la diferenciación específica de *Escherichia coli* dentro del grupo coliforme, se emplea el sustrato fluorogénico MUG (4-metilumbeliferil- β -D-glucuronido). Este compuesto está diseñado para detectar la actividad de la enzima β -glucuronidasa, codificada por el gen uidA. La presencia de este gen es un marcador genético altamente específico para *E. coli*, ya que la gran mayoría de las cepas de esta especie expresan esta enzima de forma constitutiva, mientras que la mayoría de los otros coliformes (como *Klebsiella*, *Enterobacter* o *Citrobacter*) carecen de ella (Feng & Hartman., 1982).

El mecanismo de reacción implica la hidrólisis del enlace β -glucuronido del sustrato MUG por parte de la β -glucuronidasa intracelular. Al romperse este enlace, se libera la molécula de 4-metilumbeliferona (4-MU). En su estado conjugado dentro del sustrato MUG, la molécula no presenta fluorescencia. Sin embargo, la 4-metilumbeliferona libre posee propiedades fluorogénicas excepcionales: cuando es excitada por luz ultravioleta (UV) a una longitud de onda de 365 nm, emite una fluorescencia azul brillante visible (APHA, 2017).

La detección de fluorescencia ofrece una ventaja significativa sobre los métodos colorimétricos en términos de especificidad y límite de detección. La señal fluorescente es altamente distinguible incluso en bajas concentraciones bacterianas, permitiendo la identificación de *E. coli* sin necesidad de pruebas confirmatorias bioquímicas adicionales las cuales son requeridas en los métodos del Número Más Probable (NMP) tradicionales (EPA, 2002).

Algunas especies de *Shigella* y *Salmonella* pueden poseer β -glucuronidasa, en aguas tratadas su presencia en aguas de consumo tratadas es menos frecuente que la de *E. coli*, y el contexto epidemiológico valida el uso del MUG como indicador principal de contaminación fecal reciente de origen humano o animal de sangre caliente (Leclerc *et al.*, 2001). La combinación de ambos sustratos (ONPG y MUG) en un mismo medio permite la detectar y diferenciar simultáneamente.

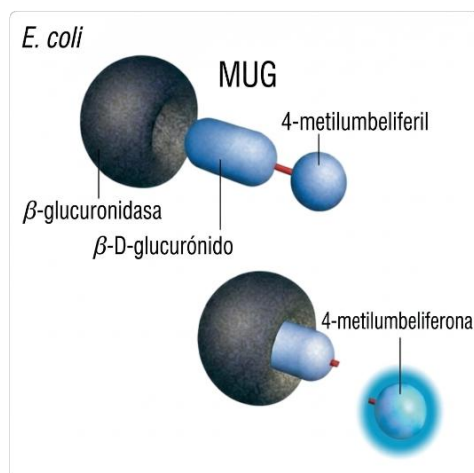


Figura 4. Esquema de la reacción enzimática del sustrato o-metilumbelliferone- β -D-glucurónido (MUG) por la β -glucuronidasa por la β -galactosidasa en bacterias coliformes (IDEXX, s. f.).

2.4. Marco legal

Guías para la calidad del agua potable

Las Guías para la calidad del agua potable establecen los requisitos esenciales para garantizar la seguridad del agua, incluyendo los procedimientos mínimos, los valores de referencia específicos y las formas en que estos deben aplicarse. Estas guías hacen énfasis en los peligros microbiológicos, que continúan siendo la principal preocupación a nivel mundial debido a su impacto en la salud pública. Además, describen los métodos utilizados para calcular los valores de referencia, integrando hojas de información que abordan tanto los peligros microbianos como los químicos significativos. Las guías también pueden incluir aspectos relacionados con la calidad microbiológica, química, radiológica y la aceptabilidad del agua, con el objetivo de proporcionar un marco integral que respalde una evaluación sólida y fundamentada de la seguridad del agua potable (OMS, 2017).

Reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S. N° 031- 2010-SA

El Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, publicado en el Diario El Peruano el 26 de septiembre de 2010, aprobó el Reglamento sobre Calidad del Agua para Consumo Humano, cuyo propósito es proteger y promover la salud y el bienestar de la población. Este reglamento otorga al Ministerio de Salud las herramientas necesarias para gestionar la política y la vigilancia de la calidad del agua destinada al consumo humano. Su objetivo principal es establecer un marco normativo para la gestión, vigilancia sanitaria, control y supervisión de la calidad del agua, así como para la fiscalización, autorizaciones, registros y aprobaciones sanitarias relacionadas con los sistemas de abastecimiento. Además, regula los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua, y promueve la difusión y el acceso a la información sobre su calidad. Se establece también que los proveedores responsables de sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano deben implementar un programa de

adecuación sanitaria para asegurar el cumplimiento de las normas técnicas y legales vigentes (MINSA, 2011).

Tabla 1. Límites máximos permisibles (LMP) de parámetros microbiológicos establecidos por el D.S. N° 031- 2010-SA.

Parámetros	Unidad de medida	LMP
1. Bacterias coliformes totales	UFC/100mL a 35 °C	0 (*)
2. <i>E. Coli</i>	UFC/100mL a 44,5 °C	0 (*)
3. Bacterias coliformes termotolerantes o fecales	UFC/100mL a 44,5 °C	0 (*)
4. Bacterias heterotróficas	UFC/mL a 35 °C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes patógenos	Nº org/L	0
6. virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC: Unidad formadora de colonias

(*): en caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = <1,8 – 100 ml

Fuente: MINSA, 2011.

Tabla 2. Límites máximos permisibles (LMP) organolépticos establecidos por el D.S N° 031- 2010-SA.

Parámetros	Unidad de medida	LPM
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
Sólidos disueltos totales	mg/L	1 000
Amoniaco	mg N/L	1,5
Hierro	mg Fe/L	0,3
Manganeso	mg Mn/L	0,4
Aluminio	mg Al/L	0,2
Cobre	mg Cu/L	2,0
Zinc	mg Zn/L	3,0
Sodio	mg Na/L	200

UCV: Unidad de color verdadero

UNT: Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: MINSA, 2011.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Zona de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó con muestras de agua para consumo humano de las comunidades de Monterrico, Paquichari, San Agustín, Villa Rica, Nueva Jerusalén, Santa Cruzniyocc, Unión Vista Alegre, Buenos Aires, Puente Belén, Monterrico Alta y Talanquiato, ubicadas en el distrito de Río Magdalena de la provincia La Mar del departamento Ayacucho.

3.1.1. Ubicación política

País: Perú

Región: Ayacucho

Provincia: La Mar

Distrito: Río Magdalena

3.1.2. Ubicación geográfica

El distrito comprende un área que se extiende por 112,25 km², con altitudes que van desde los 700 m.s.n.m., en las orillas del río Apurímac, hasta los 3 800 m.s.n.m. La capital del distrito es la localidad de Monterrico, cuya ubicación geográfica se encuentra en las coordenadas 73°35'32" de longitud oeste y 12°49'33" de latitud sur (PDCL, 2024).

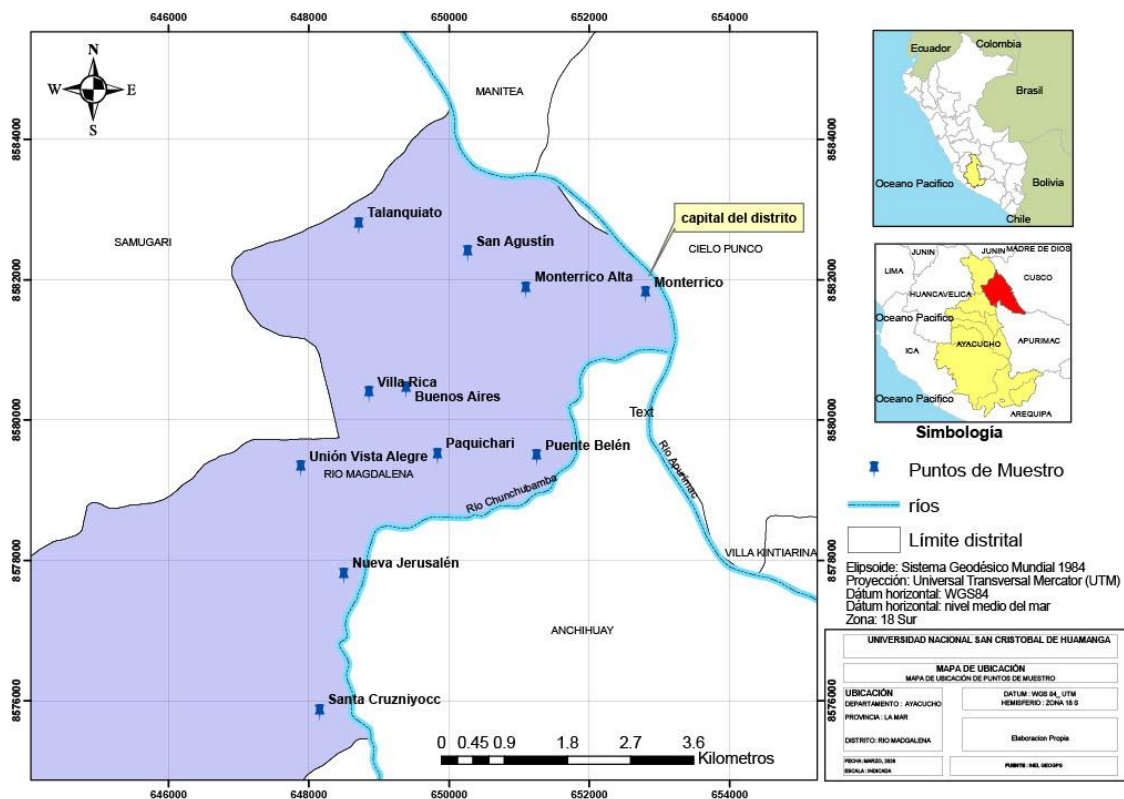


Figura 5. Ubicación georreferencial de los puntos de muestreo del distrito Río Magdalena, provincia La Mar, Ayacucho.

3.1.3. Delimitación

- Por el noreste con el distrito de Manitea y Cielo Punco, provincia La Convención, departamento de Cusco.
- Por el sureste limita con el distrito de Anchiuay, provincia La Mar, departamento de Ayacucho
- Por el suroeste, oeste y Noroeste limita con el distrito de Samugari, provincia La Mar, departamento de Ayacucho.

3.1.4. División política

El distrito de Río Magdalena está dividido geográficamente en 11 comunidades, con una población total de 1 848 habitantes. A continuación, se presenta la ubicación geográfica de las comunidades evaluadas en el distrito de Río Magdalena:

Tabla 3. Ubicación geográfica de las comunidades del distrito de Río Magdalena, provincia de La Mar, Ayacucho.

Comunidades	Altitud (m.s.n.m)	Norte (N)	Este (E)
Monterrico	658	8581789,63	648495,87
Paquichari	844	8579491,60	649828,51
San Agustín	934	8582374,12	650264,85
Villa Rica	1060	8580372,18	648854,07
Nueva Jerusalén	870	8577782,83	648495,87
Santa Cruzniyocc	1093	8575844,25	648149,96
Unión Vista Alegre	1119	8579316,14	647880,15
Buenos Aires	1121	8580435,41	649385,73
Puente Belén	776	8579471,72	651247,65
Monterrico Alta	909	8581860,91	651095,09
Talanquiato	932	8582778,99	648709,64

3.2. Tipo y nivel de la investigación

Básico/descriptivo

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Está conformada por el agua destinada al consumo humano que circula a través del sistema de abastecimiento en las once comunidades del distrito de Río Magdalena, provincia La Mar, departamento de Ayacucho. Durante un periodo de evaluación de seis meses (febrero a agosto de 2025). Dicho sistema abarca las etapas de captación, reservorios, red de distribución y grifos domiciliarios.

3.3.2. Muestra

Se establecieron un total de 22 puntos fijos de monitoreo, distribuidos de la siguiente manera: 11 en los reservorios y 11 en grifos domiciliarios (uno por cada comunidad).

Criterios de inclusión de los puntos de muestreo:

1. **Reservorio:** se consideró punto crítico de muestreo por representar la interfaz entre almacenamiento y distribución, donde se pueden detectar fallos en la desinfección, sedimentación o contaminación secundaria. Este enfoque sigue lo recomendado por la ISO 5667-5:2018, que establece que el muestreo en sistemas de distribución debe incluir puntos de almacenamiento y extremos de la red para evaluar la degradación de la calidad del agua.
2. **Grifo domiciliario:** en cada comunidad se seleccionó el grifo ubicado en la vivienda más alejada del reservorio, criterio conocido como "punto crítico". Esta selección se sustenta en evidencia científica que demuestra que la calidad microbiológica y el cloro residual tienden a degradarse en el tramo final de la red debido al mayor tiempo de residencia del agua, pérdida de presión, crecimiento de biofilm y riesgo de recontaminación por conexiones cruzadas (Kumpel & Nelson, 2016; OMS, 2017).

Criterios de exclusión de captación y red intermedia:

- No se incluyó los puntos de captación y de la red intermedia. La decisión de no incluir la captación radica en que el estudio evalúa agua de consumo humano, no calidad de fuente o agua cruda. Tampoco se muestrearon puntos intermedios de la red de distribución debido a que los sistemas rurales carecen de hidrantes o válvulas de muestreo estandarizadas, y porque el par reservorio - grifo final cubre adecuadamente la calidad de entrada y salida del sistema, conforme a lo recomendado por la OMS (2017) para monitoreo operativo en comunidades pequeñas.

3.3.3. Muestreo

El muestreo fue de tipo no probabilístico, seleccionada bajo criterios técnicos de riesgo sanitario y representatividad operativa del sistema de abastecimiento.

- **Parámetros microbiológicos y fisicoquímicos:** Muestreo mensual durante seis meses (febrero a agosto de 2025), obteniendo un total de 132 muestras (22 puntos × 6 meses). En cada punto y mes se recolectaron:
 - 2 frascos estériles de 100 mL para coliformes totales y termotolerantes (método sustrato definido colilert-18)
 - 1 frasco de 250 mL para parámetros fisicoquímicos (color y turbidez).

- **Minerales:** Evaluados en un único mes representativo (agosto 2025), obteniendo 22 muestras adicionales (22 puntos × 1 mes). Este criterio fue tomado considerando que: el costo analítico de técnicas como absorción atómica o ICP-MS limita la frecuencia en contextos de investigación con presupuesto restringido y el objetivo principal del estudio fue evaluar la calidad microbiológica y fisicoquímica, que son los parámetros de mayor riesgo sanitario inmediato según el D.S. N° 031-2010-SA.

El tamaño muestral total fue de 154 muestras (132 + 22), calculado bajo criterios de viabilidad técnica y representatividad del sistema

Tabla 4. Tamaño muestral para el análisis estadístico de la calidad del agua en 11 comunidades del distrito de Río Magdalena, provincia de La Mar, Ayacucho.

Tipo de parámetro analizados	Puntos de muestreo	Frecuencia	Meses	Tamaño muestral (n)
Microbiológicos y fisicoquímicos	22 (11 reservorios + 11 grifos)	Mensual	6	132
Minerales	11 (solo reservorios)	Única	1	22
TOTAL				154

3.3.4. Metodología utilizada para cumplir con los objetivos

1. Determinación de la calidad microbiológica:

- Coliformes totales, fecales y *E. coli*: se aplicó muestreo puntual mensual con análisis mediante Colilert®-18 (tecnología de sustrato definido). Los datos se procesaron calculando el porcentaje de cumplimiento basado en el criterio de presencia/ausencia según el LMP del D.S. N° 031-2010-SA (0 UFC/100 mL).
- Bacterias heterotróficas mesófilas viables (BHMV): se empleó la técnica de siembra en agar Plate Count, procesando los datos mediante estadística descriptiva de tendencia central (media aritmética de las 6 mediciones mensuales).

2. Determinación de la calidad fisicoquímica:

- Parámetros *in situ* (pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales): Mediciones con multiparamétrico HI9811-51.
- Parámetros *ex situ* (turbidez, color): Análisis de laboratorio con turbidímetro y fotómetro.
- Análisis de datos: Todos los parámetros fisicoquímicos fueron caracterizados mediante estadística descriptiva de tendencia central (media aritmética),

presentándose en gráficos de barras comparativos por comunidad y punto de muestreo.

3. Comparación de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua muestreada en reservorios y grifos domiciliarios:

Se empleó un análisis comparativo descriptivo transversal, utilizando gráficos de barras paralelas que permiten visualizar las diferencias en:

- Los valores promedio de cada parámetro fisicoquímico y microbiológico (BHMV).
- Los porcentajes de cumplimiento normativo entre ambos puntos del sistema.

Este enfoque posibilita la identificación de patrones de degradación de la calidad del agua a lo largo de la red de distribución.

4. Comparación de los resultados de análisis con lo establecido en el D.S. N° 031-2010-SA:

- Se elaboró una matriz de conformidad normativa, comparando cada resultado analítico con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la norma. Se calculó el porcentaje de cumplimiento mediante la fórmula:
$$\% \text{ Cumplimiento} = (\text{N}^\circ \text{ de muestras dentro del LMP} / \text{Total de muestras}) \times 100$$
- Los resultados se presentaron en tablas de frecuencia y gráficos de barras apiladas que diferencian visualmente el porcentaje de muestras que cumplen vs. no cumplen la norma.

3.4. Toma de muestras

La recolección se realizó siguiendo los métodos de las guías de procedimientos normalizados de operación, conforme a las directrices de DIGESA (2015) y de la *American Public Health Association* (APHA, 2017). Los volúmenes y envases utilizados fueron:

- Microbiológicos: 100 mL en botellas de polietileno estériles, más 5 ml de tiosulfato de sodio.
- Fisicoquímicos: 250 mL en frascos de polipropileno, limpios.
- Minerales: 250 mL en botellas de polietileno preservados con ácido nítrico.

El procedimiento operativo de muestreo fue el siguiente:

- **En el reservorio:** se utilizó un recipiente de 500 mL desinfectado con alcohol al 70 %, atado a una cuerda limpia de tres metros. Se descendió hasta 30 cm de

profundidad desde la superficie, evitando el contacto con las paredes. Luego se trasvasó la muestra a los envases específicos. Primero, se llenaron los frascos destinados a análisis microbiológicos, dejando una cámara de aire. Acto seguido, se llenaron completamente los frascos para análisis fisicoquímicos

- **En el grifo:** se verificó la conexión directa del grifo al sistema de distribución. Posteriormente, se desinfectó el grifo (interno y externo) con una torunda de algodón con alcohol al 70 %. Se purgó el sistema abriendo el grifo a caudal máximo durante dos a tres minutos. Inmediatamente después, se procedió a la toma de muestras, llenando primero los frascos destinados a análisis microbiológicos y, posteriormente, los frascos para análisis fisicoquímicos, respetando los volúmenes establecidos.

Transporte y preservación de la muestra

Las muestras fueron almacenadas en un *cooler* a una temperatura de 4 - 10 °C y acompañadas de una cadena de custodia. Tras un traslado de 6 horas (dentro del límite máximo de 24 h). Posteriormente, fueron procesadas en el Laboratorio de Microbiología Ambiental, de la Escuela Profesional de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

3.5. Análisis de los parámetros microbiológicos

3.5.1. Recuento de bacterias heterotróficas mesófilas viables

Se empleó la técnica de siembra por incorporación, siguiendo la metodología descrita en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23ª ed.).

Procedimiento

- Se preparó el agar *Plate Count* necesario, que posteriormente fue esterilizado en autoclave y conservado en refrigeración. Las placas fueron marcadas con el número de muestra, la dilución y la fecha.
- Se agitó el frasco con la muestra de agua y se realizaron diluciones en agua peptonada estéril al 0,1 %, según el grado de contaminación o turbidez de la muestra; en algunos casos, se realizaron diluciones hasta 10^{-1}
- A continuación, se añadió un volumen de 1 mL de la muestra diluida a una placa estéril y se incorporó agar *Plate Count*, temperado a 45 °C.

- La placa se homogenizó tapada mediante movimientos rotatorios en forma de ocho repetidas veces sobre la mesa, luego se dejó solidificar, se envolvieron las placas con papel y se incubaron invertidas a 35 °C durante 48 horas.
- Finalizado este periodo, se realizó el recuento de colonias desarrolladas y se reportaron los resultados en UFC/mL.

3.5.2. Presencia/ausencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*.

Se empleó la tecnología de sustrato definido (DTS), utilizando el kit Colilert®-18 (IDEXX Laboratories), y se procesó siguiendo las indicaciones del fabricante.

Procedimiento

- Las muestras de agua se acondicionaron a temperatura ambiente antes de proceder con el análisis.
- Luego se agregó el reactivo Colilert®-18 a la muestra y se agitó suavemente hasta disolverlo completamente.
- Una vez homogenizada, la muestra se incubó a 35 °C para coliformes totales y 44,5 °C para coliformes termotolerantes durante 18 horas.
- Finalmente, se hace la lectura de los resultados:
 - Coliformes totales y termotolerantes: Se consideró positivo cuando la muestra presentó un color amarillo intenso.
 - *Escherichia coli*: se consideró positivo mediante fluorescencia azul visible al exponer la muestra a una lámpara de luz ultravioleta de 365 nm y 6 W.

3.6. Análisis de los parámetros fisicoquímicos

Análisis *in situ*

Para este análisis se utilizó un equipo digital modelo HI9811 - 51, equipado con un electrodo tres en uno, capaz de medir pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y temperatura.

Potencial de hidrógeno (pH): se determinó el pH mediante el método electrométrico, empleando un pH-metro digital modelo HI9811 - 51. Para ello, se recolectaron 150 ml de muestra en un vaso precipitado de 250 ml; seguidamente, se sumergió el electrodo, previamente lavado con agua destilada, y se esperó a que la lectura se estabilizara para registrarla.

Conductividad: se procedió a medir por el método electrométrico con un equipo digital modelo HI9811 - 51. Para ello, se sumergió el sensor de conductividad en un vaso precipitado y se esperó la estabilización de la lectura antes de registrarla. La unidad de medida utilizada fue $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Sólidos totales disueltos: la medición se realizó mediante el método electrométrico, utilizando un equipo digital modelo HI9811 - 51. El sensor se sumergió en la muestra y se esperó a que la lectura se estabilizara antes de registrar el valor. El resultado se expresó en mg/L .

Temperatura: La medición se llevó a cabo mediante el método electrométrico con un equipo digital modelo HI9811 - 51. El sensor fue introducido en la muestra y se esperó hasta que la lectura se estabilizara para proceder a su registro. El resultado se reportó en $^{\circ}\text{C}$.

Análisis ex situ

Turbidez: se realizó utilizando un turbidímetro. Previamente, el equipo fue calibrado con agua destilada para garantizar la precisión de las mediciones. A continuación, la muestra, previamente homogenizada mediante agitación, fue introducida en la celda de medición. Posteriormente, se cerró la tapa del equipo y se aguardó hasta la estabilización de la lectura. Finalmente, el valor obtenido fue registrado y expresado en unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

Color: Se procedió a utilizar un fotómetro multiparámetro modelo HI - 83214. En primer lugar, se calibró el equipo con agua destilada para asegurar la precisión de las mediciones. Una vez calibrado, se agregó la muestra de agua al recipiente correspondiente y se realizó la lectura. Luego, se esperó el tiempo de reacción indicado para observar y registrar el resultado.

Minerales

Las muestras recolectadas fueron preservadas con ácido nítrico (HNO_3), transportadas a $4\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, fueron enviadas para su análisis al laboratorio de ensayo acreditado SGS del Perú S.A.C. (Callao), utilizando la metodología EPA Method 200.8, Rev. 5.4 (1994): "Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS)" (EPA, 1994).

IV. RESULTADOS

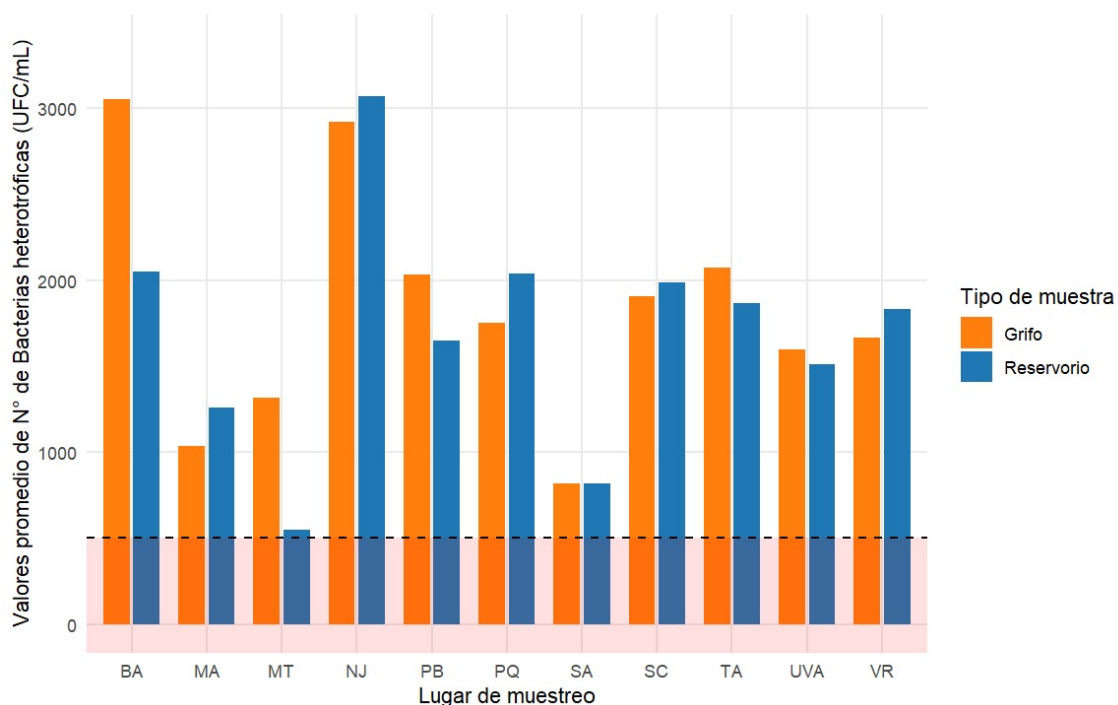
Tabla 5. Frecuencia de análisis microbiológico de agua para consumo humano en once comunidades del distrito de Río Magdalena, 2025. Presencia (P) o ausencia (A) de coliformes totales, coliformes termotolerantes (fecales) y *Escherichia coli*.

Comunidad	Reservorio									Grifo domiciliario								
	CT (P)	CT (A)	% (P)	CF (P)	CF (A)	% (P)	<i>E. coli</i> (P)	<i>E. coli</i> (A)	% (P)	CT (P)	CT (A)	% (P)	CF (P)	CF (A)	% (P)	<i>E. coli</i> (P)	<i>E. coli</i> (A)	% (P)
Monterrico	5	1	83,3	4	2	66,7	2	4	33,3	6	0	100,0	6	0	100,0	5	1	83,3
Paquichari	6	0	100,0	6	0	100,0	6	0	100,0	5	1	83,3	5	1	83,3	5	1	83,3
San Agustín	4	2	66,7	2	4	33,3	0	6	0,0	3	3	50,0	3	3	50,0	0	6	0,0
Villa Rica	6	0	100,0	6	0	100,0	5	1	83,3	6	0	100,0	6	0	100,0	5	1	83,3
Nueva Jerusalén	6	0	100,0	6	0	100,0	5	1	83,3	6	0	100,0	6	0	100,0	5	1	83,3
Santa Cruzniyocc	6	0	100,0	6	0	100,0	3	3	50,0	6	0	100,0	6	0	100,0	5	1	83,3
Unión Vista Alegre	5	1	83,3	5	1	83,3	0	6	0,0	5	1	83,3	5	1	83,3	2	4	33,3
Buenos Aires	6	0	100,0	6	0	100,0	4	2	66,7	6	0	100,0	6	0	100,0	4	2	66,7
Puente Belén	5	1	83,3	5	1	83,3	5	1	83,3	6	0	100,0	6	0	100,0	5	1	83,3
Monterrico Alta	5	1	83,3	5	1	83,3	5	1	83,3	6	0	100,0	6	0	100,0	6	0	100,0
Talanquiato	6	0	100,0	6	0	100,0	5	1	83,3	6	0	100,0	6	0	100,0	4	2	66,7
Total	60	6	90,9	57	9	86,4	40	26	60,6	61	5	92,4	61	5	92,4	46	20	69,7

Límite máximo permisible: 0 UFC/mL – D.S. N° 031-2010-SA

CT: coliformes totales, CF: coliformes fecales, *E. coli*: *Escherichia coli*

P: presencia, A: ausencia

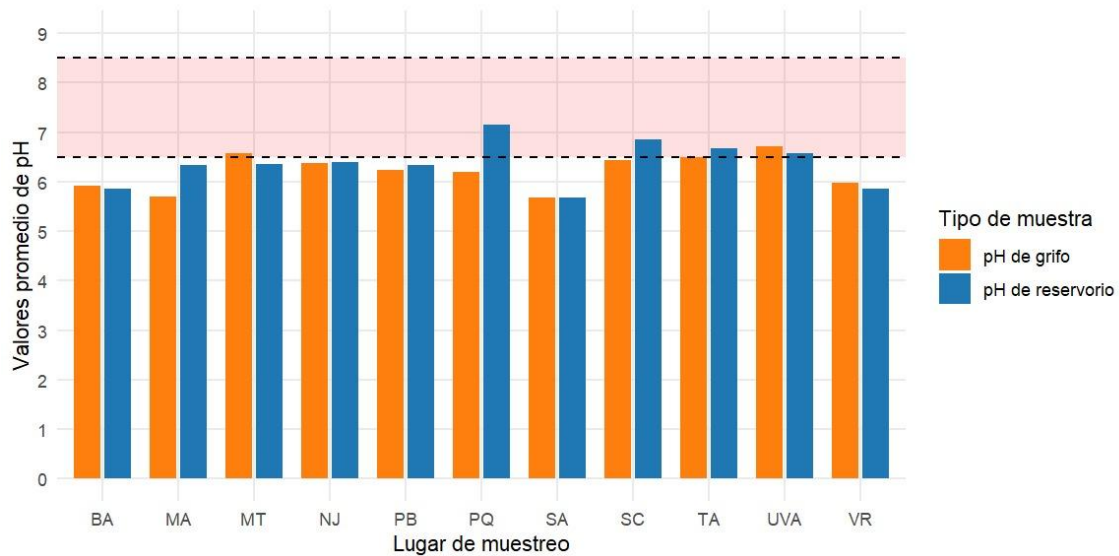


Límite máximo permisible: ≤ 500 UFC/mL – D.S. N° 031- 2010- SA

BA: Buenos Aires, MA: Monterrico Alta, MT: Monterrico, NJ: Nueva Jerusalén, PB: Puente Belén, PQ: Paquichari, SA: San Agustín, SC: Santa Cruzniyocc, TA: Talanquiato, UVA: Unión Vista Alegre, VR: Villa Rica.

*12 muestras analizadas en cada comunidad

Figura 6. Valores promedio del número bacterias heterotróficas mesófilas viables (BHMV) en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios en el distrito de Río Magdalena, durante un periodo de monitoreo de seis meses.

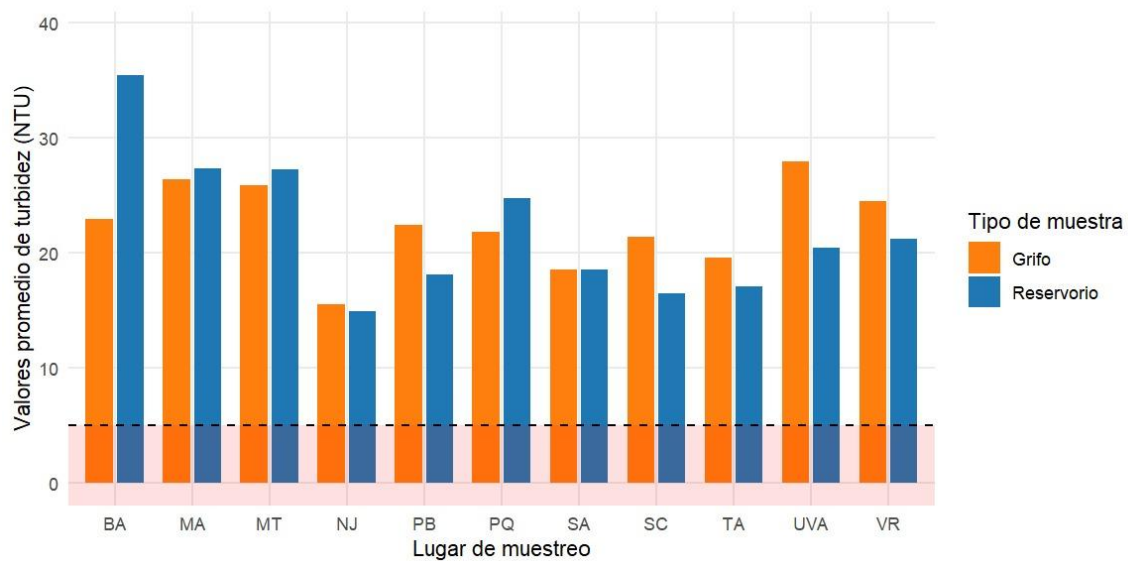


Límite máximo permisible: 6,5 – 8,5 – D.S. N° 031- 2010- SA

BA: Buenos Aires, MA: Monterrico Alta, MT: Monterrico, NJ: Nueva Jerusalén, PB: Puente Belén, PQ: Paquichari, SA: San Agustín, SC: Santa Cruzniyocc, TA: Talanquiato, UVA: Unión Vista Alegre, VR: Villa Rica.

*12 muestras analizadas en cada comunidad

Figura 7. Valores promedio de potencial de hidrogeno (pH) en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios en el distrito de Río Magdalena, durante un periodo de monitoreo de seis meses.

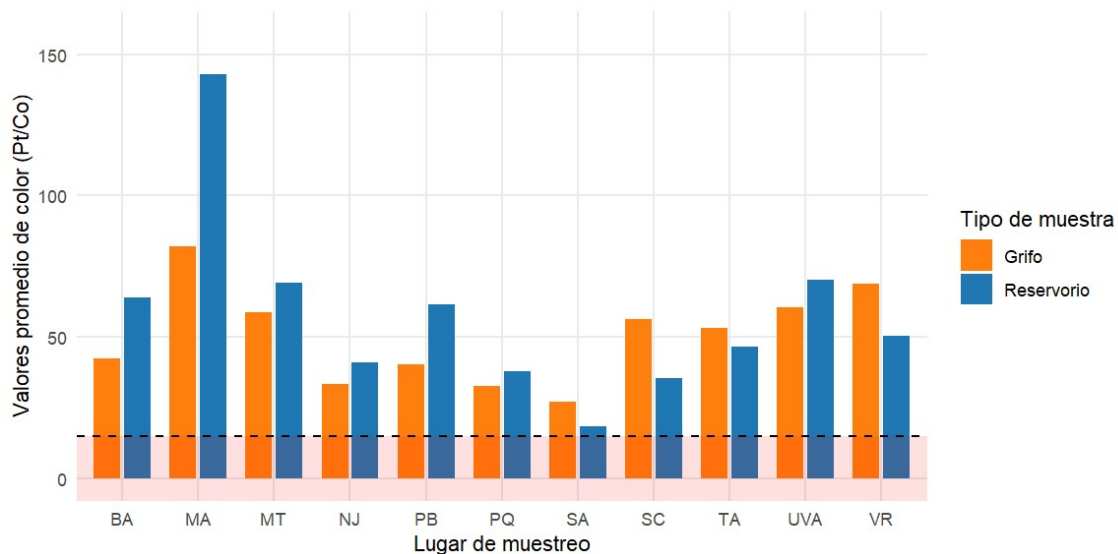


Límite máximo permisible: ≤ 5 UNT– D.S. N° 031- 2010- SA

BA: Buenos Aires, MA: Monterrico Alta, MT: Monterrico, NJ: Nueva Jerusalén, PB: Puente Belén, PQ: Paquichari, SA: San Agustín, SC: Santa Cruzniyocc, TA: Talanquiato, UVA: Unión Vista Alegre, VR: Villa Rica.

*12 muestras analizadas en cada comunidad

Figura 8. Valores promedio de turbidez (UNT) en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios en el distrito de Río Magdalena, durante un periodo de monitoreo de seis meses.

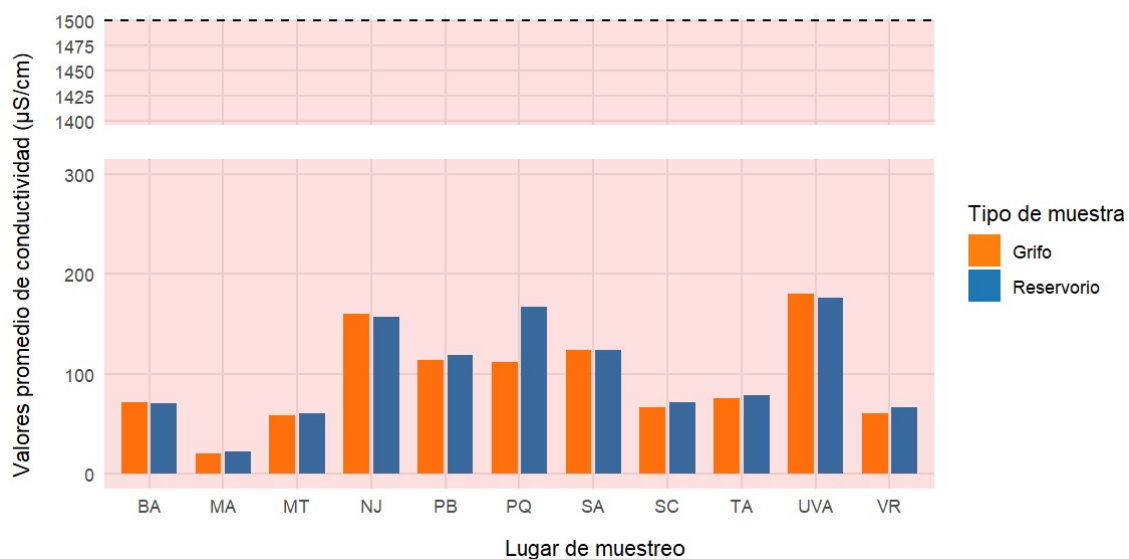


Límite máximo permisible: ≤ 15 (Pt/Co) – D.S. N° 031- 2010- SA

BA: Buenos Aires, MA: Monterrico Alta, MT: Monterrico, NJ: Nueva Jerusalén, PB: Puente Belén, PQ: Paquichari, SA: San Agustín, SC: Santa Cruzniyocc, TA: Talanquiato, UVA: Unión Vista Alegre, VR: Villa Rica.

*12 muestras analizadas en cada comunidad

Figura 9. Valores promedio de color (Pt/Co) en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios en el distrito de Río Magdalena, durante un periodo de monitoreo de seis meses.

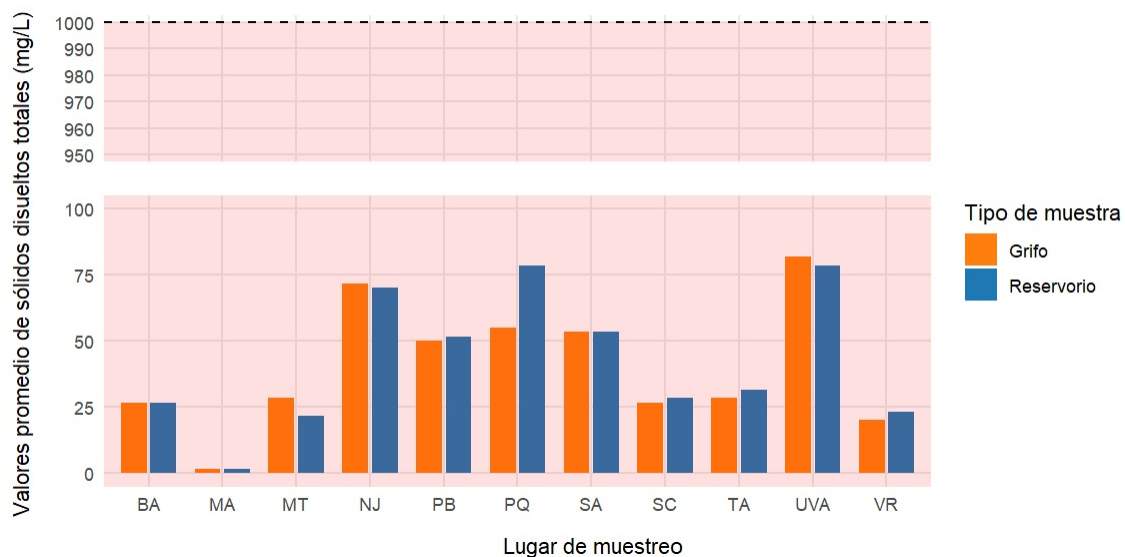


Límite máximo permisible: $\leq 1500 \mu\text{mho/cm}$ – D.S. N° 031- 2010- SA

BA: Buenos Aires, MA: Monterrico Alta, MT: Monterrico, NJ: Nueva Jerusalén, PB: Puente Belén, PQ: Paquichari, SA: San Agustín, SC: Santa Cruzniyocc, TA: Talanquiato, UVA: Unión Vista Alegre, VR: Villa Rica.

*12 muestras analizadas en cada comunidad

Figura 10. Valores promedio de conductividad ($\mu\text{mho/cm}$) en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios en el distrito de Río Magdalena, durante un periodo de monitoreo de seis meses.

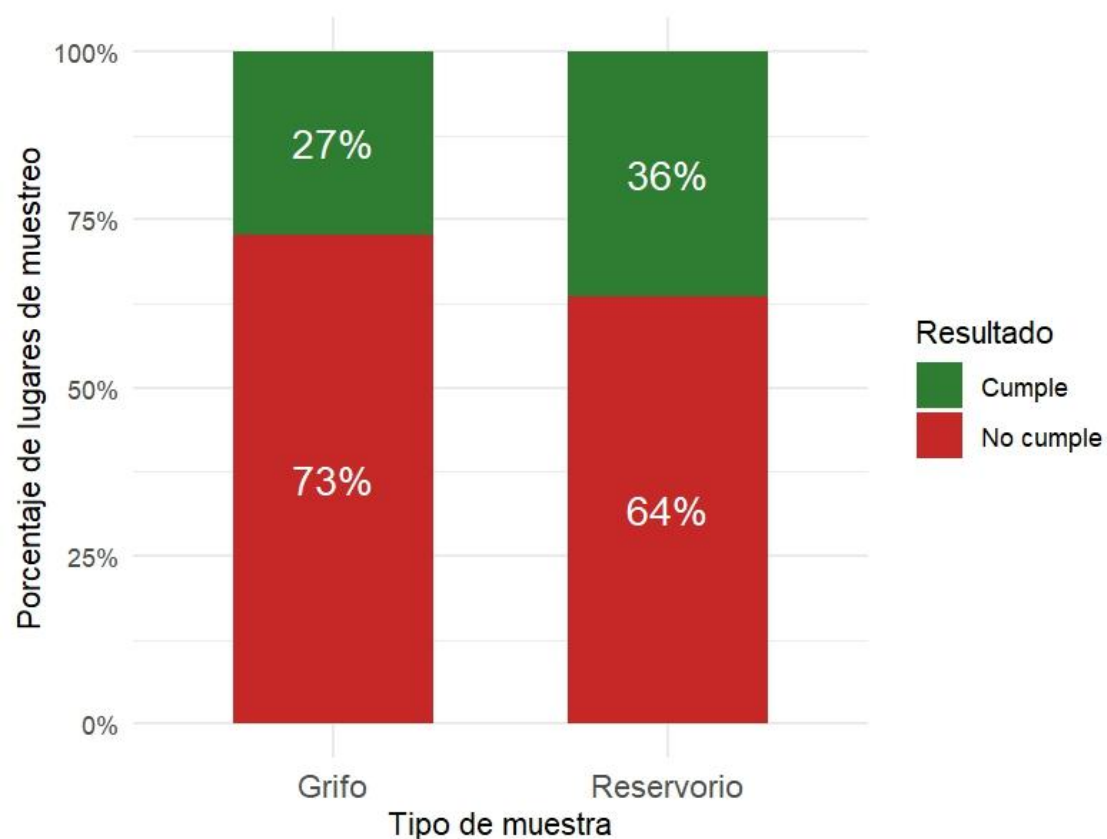


Límite máximo permisible: ≤ 1000 mg/L – D.S. N° 031- 2010- SA

BA: Buenos Aires, MA: Monterrico Alta, MT: Monterrico, NJ: Nueva Jerusalén, PB: Puente Belén, PQ: Paquichari, SA: San Agustín, SC: Santa Cruzniyocc, TA: Talanquiato, UVA: Unión Vista Alegre, VR: Villa Rica.

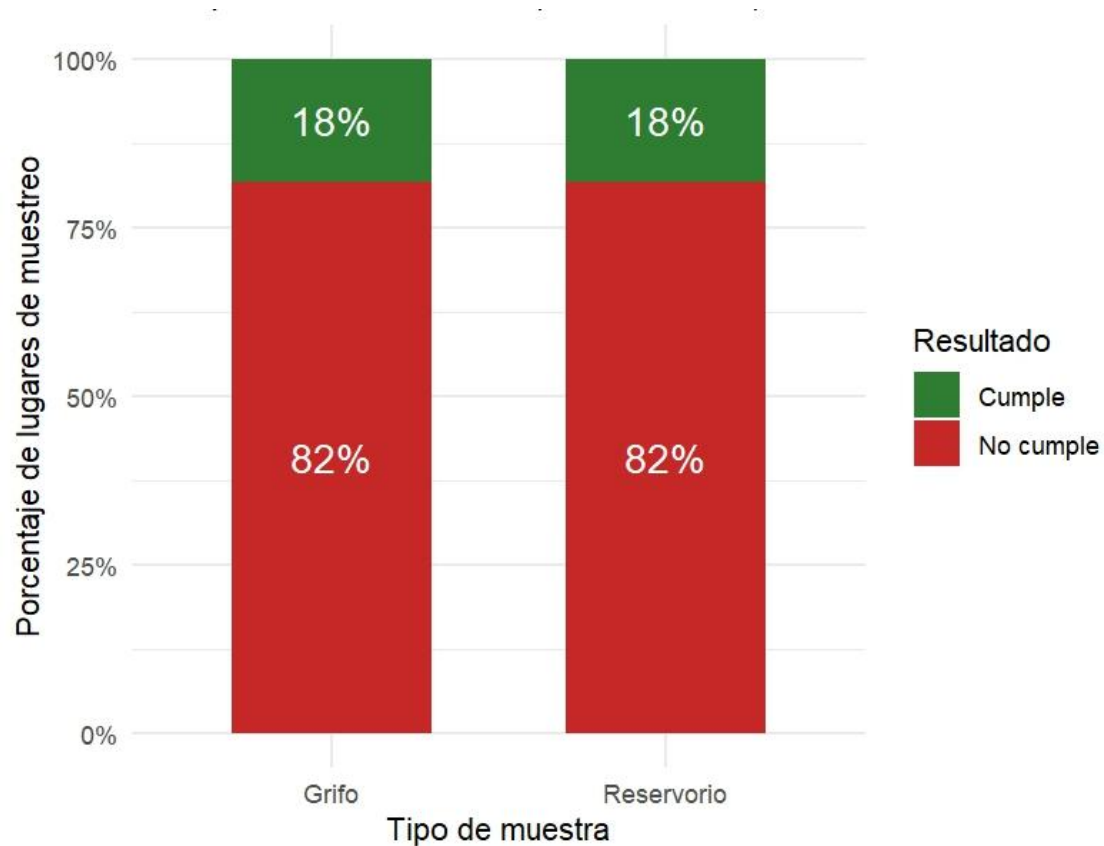
*12 muestras analizadas en cada comunidad

Figura 11. Valores promedio de sólidos disueltos totales (SDT) en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios en el distrito de Río Magdalena, durante un periodo de monitoreo de seis meses.



Límite máximo permisible de pH: 6,5 – 8,5
Decreto Supremo N° 031-2010-SA

Figura 12. Porcentaje de muestras que cumplieron los límites máximos permisibles (LMP) de pH (6,5 a 8,5), según el D.S. N° 031-2010-SA, diferenciando dos puntos de muestreo: reservorio y grifo domiciliario en el distrito de Río Magdalena, 2025.



Límite máximo permisible: 0 UFC/100 mL
Decreto Supremo N° 031-2010-SA

Figura 13. Porcentaje de muestras que cumplieron los límites máximos permisibles (LMP) de *Escherichia coli*, según el D.S. N° 031-2010-SA, diferenciando dos puntos de muestreo: reservorio y grifo domiciliario en el distrito de Río Magdalena, 2025.

Tabla 6. Análisis de minerales en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorio y grifos domiciliarios en el distrito de Río Magdalena, durante un periodo de monitoreo de seis meses, 2025.

Minerales	Unidad	Puntos de muestreo											LMP
		Monterrico	Paquichari	San Agustín	Villa Rica	Nueva Jerusalén	Santa Cruzniyocc	Unión Vista Alegre	Buenos Aires	Puente Belén	Monterrico Alta	Talanquiato	
Aluminio	mg/L	< 0,003	0,095 ± 0,009	< 0,003	< 0,003	0,155 ± 0,014	< 0,003	< 0,003	0,097 ± 0,0090	< 0,003	0,069 ± 0,00960	< 0,003	0,2
Antimonio	mg/L	< 0,00013	< 0,00013	< 0,00013	< 0,00013	< 0,00013	< 0,00013	< 0,00013	< 0,00013	< 0,00013	< 0,00013	< 0,00013	0,020
Arsénico	mg/L	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	0,010
Bario	mg/L	0,0235 ± 0,0021	0,0053 ± 0,00050	0,0074 ± 0,00071	0,0081 ± 0,00070	0,0120 ± 0,0011	0,0079 ± 0,00070	0,0303 ± 0,0027	0,0106 ± 0,0010	< 0,0003	0,0086 ± 0,00080	0,0082 ± 0,00070	0,700
Boro	mg/L	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	1,500
Cadmio	mg/L	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	0,003
Cobre	mg/L	< 0,00009	0,00225 ± 0,00056	< 0,00009	0,00039 ± 0,00010	< 0,00009	< 0,00009	< 0,00009	0,00138 ± 0,00035	0,00037 ± 0,000090	0,00294 ± 0,00074	0,00038 ± 0,00010	2,0
Cromo total	mg/L	0,0010 ± 0,00030	0,0004 ± 0,00010	0,0003 ± 0,00011	0,0004 ± 0,00010	0,0018 ± 0,00050	0,0005 ± 0,00010	0,0008 ± 0,00020	< 0,0003	0,0007 ± 0,00020	< 0,0003	0,0008 ± 0,00020	0,050
Hierro	mg/L	0,0802 ± 0,0064	0,0652 ± 0,0052	< 0,0013	< 0,0013	0,1385 ± 0,011	< 0,0013	< 0,0013	0,1083 ± 0,0087	< 0,00013	0,0580 ± 0,0046	< 0,0013	0,3
Manganeso	mg/L	0,00411 ± 0,00029	0,00078 ± 0,000050	< 0,00010	< 0,00010	0,00290 ± 0,00020	< 0,00010	0,00458 ± 0,00032	0,00804 ± 0,00056	0,00276 ± 0,0019	0,00029 ± 0,0	< 0,00010	0,4
Mercurio	mg/L	< 0,00009	< 0,00009	< 0,00009	< 0,00009	< 0,00009	< 0,00009	< 0,00009	< 0,00009	< 0,00009	< 0,00009	< 0,00009	0,001
Molibdeno	mg/L	< 0,00006	< 0,00006	0,00017 ± 0,000041	0,00017 ± 0,000040	< 0,00006	0,00016 ± 0,000040	< 0,00006	< 0,00006	0,00061 ± 0,00014	< 0,00006	0,00013 ± 0,00030	0,07
Níquel	mg/L	0,0043 ± 0,0010	< 0,0006	0,0018 ± 0,00041	0,0007 ± 0,00020	0,0018 ± 0,00040	< 0,0006	0,0081 ± 0,0019	0,0025 ± 0,00060	0,0034 ± 0,00080	0,0026 ± 0,00060	0,0009 ± 0,00020	0,020
Plomo	mg/L	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	0,0006 ± 0,00010	< 0,0006	0,010
Selenio	mg/L	< 0,0013	< 0,0013	< 0,0013	< 0,0013	< 0,0013	< 0,0013	< 0,0013	< 0,0013	< 0,0013	< 0,0013	< 0,0013	0,010
Sodio	mg/L	1,061 ± 0,12	4,377 ± 0,48	3,093 ± 0,35	2,621 ± 0,29	1,994 ± 0,22	2,622 ± 0,29	3,208 ± 0,35	3,185 ± 0,35	4,489 ± 0,49	5,065 ± 0,56	2,821 ± 0,31	200
Uranio	mg/L	< 0,000010	< 0,000010	< 0,000010	< 0,000010	< 0,000010	0,000010	< 0,000010	< 0,000010	< 0,000010	< 0,000010	< 0,000010	0,015
Zinc	mg/L	0,0267 ± 0,0027	0,0086 ± 0,00090	0,0172 ± 0,0018	< 0,0026	< 0,0026	< 0,0026	0,0127 ± 0,0013	< 0,0026	< 0,0026	0,0083 ± 0,00080	< 0,0026	3,0

V. DISCUSIÓN

La tabla 5 presenta los resultados de frecuencia de análisis microbiológico, evidenciando la presencia (P) o ausencia (A) de coliformes totales, coliformes termotolerantes (fecales) y *Escherichia coli* en muestras de agua de consumo humano recolectadas en reservorios y grifos domiciliarios de once comunidades del distrito de Río Magdalena, durante un periodo de seis meses. En las muestras de reservorio, la presencia de coliformes totales fue del 90,9 % y coliformes termotolerantes del 86,4 %; mientras que *E. coli* se detectó en el 60,6 % de los casos. Por su parte, en el agua obtenida de grifo domiciliario se registraron prevalencias ligeramente superiores: 92,4 % para coliformes totales y coliformes termotolerantes, y 69,7 % para *E.coli*. Al comparar estos resultados con los valores establecidos para estos parámetros en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA), se evidencia una situación de vulnerabilidad sanitaria crítica en las redes de abastecimiento evaluadas. Dicha normativa peruana establece la ausencia total (0 UFC/100 mL) de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* para declarar el cumplimiento de los parámetros. Sin embargo, la constante presencia de estos grupos microbianos en la mayoría de localidades monitoreadas refleja un incumplimiento continuo de los estándares de inocuidad. Este hallazgo se correlaciona directamente con la carencia de cloro residual libre en todas las muestras evaluadas (0 ppm), indicando una desinfección nula o inadecuada durante todo el periodo del estudio. La Organización Mundial de la Salud, (OMS 2017), sostiene que la presencia de *E. coli* es el indicador más preciso de contaminación fecal reciente, esto permite inferir que el recurso hídrico suministrado actúa como un vehículo potencial para la transmisión de patógenos entéricos. En consecuencia, la población del distrito de Río Magdalena se encuentra expuesta a un riesgo sanitario severo, agravado por la persistencia de la contaminación microbiológica tanto en los reservorios como en los grifos domiciliarios.

El análisis de la dinámica del cloro evidencia que el sistema de desinfección implementado resulta nulo en varias etapas del monitoreo. El D.S. N° 031-2010-SA estipula un límite mínimo de 0,5 mg/L de cloro residual en cualquier punto de la red para garantizar la inactivación efectiva de microorganismos y asegurar una barrera de protección ante posible proliferación durante el transporte. Este comportamiento valida de forma experimental la premisa técnica de Chevallier & Kwok (2004), quienes argumentan que la ausencia de un residual de desinfectante va más allá de solo permitir la supervivencia de patógenos que logran desviar el tratamiento inicial, sino que además favorece el desarrollo de biopelículas en las paredes internas de las tuberías. Dichas biopelículas funcionan como reservorios biológicos que, ante variaciones de presión o flujo, liberan bacterias de forma cíclica hacia el fluido, explicando por qué incluso en puntos donde parece haber un control momentáneo se detecta contaminación. La detección simultánea de coliformes tanto en reservorio como en grifo, según se observa en los registros de Puente Belén y Paquichari, permite concluir que la falla en la seguridad sanitaria es de carácter estructural y multicausal. Cuando la presencia bacteriana se origina directamente en el reservorio, el proceso de cloración primaria o el tiempo de contacto resultan deficientes; por el contrario, si la contaminación aumenta o se manifiesta exclusivamente en el punto de consumo, la red de distribución presenta integridad física comprometida, presencia de fugas o conexiones clandestinas que facilitan el ingreso de contaminantes externos por succión o infiltración (MVCS, 2018).

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Welch *et al.*, (2000), quienes detectaron coliformes totales en el 79,0 % de las muestras de agua domiciliarias de comunidades rurales de Trinidad; además, señalaron que el almacenamiento en recipientes no protegidos incrementa significativamente la recontaminación del agua. En la misma línea, Ghislaine *et al.*, (2014) en su estudio sobre prácticas de tratamiento de agua en Perú urbano y rural, demostraron que, aunque el 82,8 % de los hogares reportaban tratar su agua, muchas muestras presentaban contaminación fecal, evidenciando una brecha entre el acceso aparente y la calidad real del agua, así como la recontaminación durante el almacenamiento domiciliario, incluso cuando la fuente es segura. De manera similar, Gwimbi *et al.*, (2019) reportaron en el distrito de Mohale Basin, Lesotho, una contaminación del 100% de fuentes de agua con *E. coli*, con recuentos entre <30 y $4,35 \times 10^7$ UFC/100 mL, asociando esta situación con la falta de protección de las fuentes, defecación al aire libre (59%), prácticas antihigiénicas y proximidad de letrinas a los puntos de captación.

La Figura 6 presenta el promedio del número de bacterias heterotróficas mesófilas viables (BHMV) en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios del distrito de Río Magdalena, durante un periodo de monitoreo de seis meses. En todas las comunidades muestreadas, las concentraciones de BHMV superaron de manera significativa el Límite Máximo Permisible (LMP) de ≤ 500 UFC/mL establecido por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, con valores que oscilaron entre 548 y $3,0 \times 10^3$ UFC/mL. La mayor concentración se detectó en los grifos de la comunidad de Buenos Aires, mientras que en los reservorios el pico correspondió a Nueva Jerusalén. Por el contrario, en Monterrico Alta, Paquichari y Villa Rica, los reservorios presentaron una carga bacteriana superior a la de los grifos. Este incumplimiento total de las muestras respecto al umbral regulatorio evidencia una deficiencia generalizada en la calidad microbiológica del agua, haciéndola inadecuada para el consumo humano directo sin un tratamiento de desinfección adecuado. De acuerdo con la OMS, aunque las bacterias heterotróficas tienen limitada significancia sanitaria directa y no son indicadores de contaminación fecal reciente, su elevación señala deficiencias en la desinfección o condiciones que favorecen la proliferación bacteriana en el sistema de distribución. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas: Palomino (2017), reportó que el 58,3 % de las muestras, superaban el LMP; Olivera (2013), en Acos Vinchos, documentó que el 59 % de las muestras de reservorios y grifos presentan recuentos entre 540 - 18×10^3 UFC/mL; y Palomino (2016), en Anco, confirmó niveles elevados de BHMV que comprometían la potabilidad y la necesidad de desinfección.

La abundante presencia bacteriana sostenida en ambos puntos de muestreo puede atribuirse a la formación de biopelículas en la infraestructura de almacenamiento y distribución; como señalan LeChevallier *et al.*, (1990), las bacterias heterotróficas poseen una alta capacidad de adhesión a las superficies internas de tuberías y reservorios, donde desarrollan matrices extracelulares que las protegen de los desinfectantes residuales y favorecen su regeneración. Por consiguiente, se hace imperativo implementar protocolos periódicos de limpieza de reservorios, mantenimiento de redes y monitoreo continuo del cloro residual para garantizar el cumplimiento normativo y la inocuidad del agua.

La Figura 7 presenta el valor promedio del potencial de hidrogeno (pH) en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios en el distrito de Río Magdalena. Se observa un incumplimiento sistemático de los Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (MINSA, 2011), el cual establece un rango

permisible de pH entre 6,5 y 8,5. La mayoría de los puntos de muestreo, particularmente en las comunidades de San Agustín, Villa Rica, Buenos Aires y Monterrico Alta, registraron valores promedio inferiores a 6,5 tanto en los reservorios como en los grifos domiciliarios. Esta acidez persistente indica que las propiedades fisicoquímicas del agua no están siendo corregidas adecuadamente en la fuente o durante el tratamiento lo cual representa un riesgo para la salud pública y la infraestructura (OMS, 2017).

Este hallazgo tiene implicaciones críticas para la eficacia del proceso de desinfección con cloro. Según el National Research Council, (1980), el pH del agua determina la especie química del cloro presente: a pH inferiores a 7,0 predomina el ácido hipocloroso (HOCl), que es la forma más efectiva de cloro libre para la inactivación de microorganismos, mientras que a pH superiores predomina el ion hipoclorito (OCl^-), que tiene menor poder desinfectante. Teóricamente, los valores de pH ácido observados en este estudio favorecerían la presencia de HOCl y, por ende, una mayor eficacia desinfectante. Sin embargo, investigaciones recientes de Sil *et al.*, (2025) demuestran que existe un equilibrio crítico entre la estabilidad de la solución desinfectante y su eficacia microbiológica, estableciendo que pH excesivamente ácidos pueden incrementar la tasa de descomposición del cloro residual, mediante reacciones de desproporción que generan cloratos, resultando en una pérdida rápida del poder desinfectante a lo largo de la red de distribución.

Esta situación resulta particularmente preocupante en un sistema de abastecimiento básico, como en el distrito de Río Magdalena, donde los valores de pH oscilan entre 5,7 a 6,4 en las comunidades de Buenos aires, Monterrico Alta, Puente Belén, Santa Cruzniyocc y Villa Rica, se encuentra por debajo del rango óptimo establecido. La combinación de pH ácido, la ausencia de pretratamiento para remoción de turbidez y materia orgánica, y carencia de procesos sistemáticos para el control del cloro residual, genera una alta demanda de desinfectante que agota el residual antes de alcanzar los puntos de consumo, explicando la persistencia de coliformes totales y *E. coli* a pesar de teóricamente favorecerse la forma más biocida del cloro.

En consecuencia, estos hallazgos demuestran la urgente necesidad de implementar procesos de neutralización o estabilización química en los sistemas de tratamiento, tal como recomiendan las guías técnicas de la *American Water Works Association* (AWWA, 2010). La inestabilidad del parámetro pH no solo compromete el cumplimiento del marco legal peruano, sino que expone a la población a un agua con propiedades corrosivas

que pueden degradar la infraestructura sanitaria y deteriorar la calidad organoléptica y microbiológica del recurso.

La Figura 8 muestra los promedios de turbidez registrados en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios del distrito de Río Magdalena. De acuerdo con el Decreto Supremo N° 031-2010-SA (2010), el límite máximo permisible para aguas destinadas al consumo humano es de 5 UNT, con el fin de garantizar su inocuidad y aceptabilidad organoléptica. Los resultados evidencian que tanto los reservorios como los grifos domiciliarios superan consistentemente este límite, con valores que oscilan entre 16,5 y 35,4 UNT.

En los reservorios, la comunidad de Buenos Aires presenta el valor más elevado (35,4 UNT), mientras que en los grifos domiciliarios destaca la comunidad de Unión Vista Alegre (27,9 UNT), valor que incluso supera al de su propio reservorio. En las comunidades de Buenos Aires, Monterrico y Paquichari, la turbidez es mayor en el reservorio, lo cual indica que el agua ingresa con alto contenido de sedimentos o que existe contaminación en el tanque por acumulación de sedimentos o deficiencias en su limpieza (EPA, 2011; Satterfield, 2005). Por el contrario, en las comunidades de Unión Vista Alegre, Villa Rica y Puente Belén, la turbidez es mayor o igual en el grifo domiciliario en comparación con el reservorio, situación que indica contaminación secundaria en la red de distribución.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017) señala que una turbidez elevada no solo afecta la aceptabilidad sensorial del agua, sino que también indica la presencia de partículas suspendidas que protegen a los patógenos frente a los procesos de desinfección, incrementando el riesgo para la salud pública. En tal sentido, LeChevallier *et al.*, (1991) establecen que la turbidez constituye un indicador de riesgo microbiológico, dado que las partículas en suspensión protegen a bacterias, virus y protozoos (*Giardia* y *Cryptosporidium*) de la acción de desinfectantes como el cloro. La OMS (2017) recomienda que, para garantizar una cloración efectiva, la turbidez debería ser idealmente menor a 1 UNT. Valores superiores a 5 UNT, como los registrados en este estudio (16,5 - 35,4 UNT), indican una alta probabilidad de presencia de patógenos viables a pesar de la cloración del agua.

La Figura 9 presenta los valores promedio de color en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios del distrito de Río Magdalena, durante un periodo de monitoreo de seis meses. Los resultados se evaluaron conforme

al Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-SA), que establece un límite máximo permisible de 15 Pt/Co.

Se observa un incumplimiento generalizado en las once comunidades evaluadas, con valores que fluctúan entre 18,7 y 142,8 Pt/Co, evidenciando inestabilidad en el proceso de tratamiento. El valor más alto se registró en el reservorio de la comunidad Monterrico Alta (142,8 Pt/Co). Asimismo, en la mayoría de las localidades (Buenos Aires, Monterrico, Nueva Jerusalén, Puente Belén, Paquichari y Unión Vista Alegre), los valores de color fueron superiores en los reservorios en comparación con los grifos domiciliarios. Esto sugiere degradación de la calidad del agua o acumulación de sedimentos y materia orgánica dentro de los tanques de almacenamiento. Al respecto, Geldreich, (1996) enfatiza que la calidad del agua puede degradarse severamente dentro de los tanques de almacenamiento, los cuales actúan como sumideros de sedimentos. Cuando el agua ingresa con cierto nivel de color, el reservorio puede exacerbar este parámetro si existe crecimiento de algas o acumulación de lodos en el fondo que se resuspenden durante la extracción del agua. La diferencia notable observada en Monterrico Alta (grifo: 85 Pt/Co vs. reservorio: 145 Pt/Co) constituye un ejemplo de contaminación secundaria asociada a una deficiente gestión y mantenimiento del tanque de almacenamiento.

Esta situación indica la presencia de materia orgánica disuelta, principalmente sustancias húmicas y fúlvicas, las cuales en regiones con alta cobertura vegetal son arrastradas por el agua superficial provenientes de la descomposición de materia vegetal, alterando las propiedades fisicoquímicas del agua (OMS, 2017). Al respecto, Matilainen & Sillanpää, (2010) señalan que el color en el agua constituye un indicador indirecto de la presencia de Materia Orgánica Natural (MON). Los autores advierten que cuando el agua con alto contenido de color es clorada para su desinfección, la materia orgánica reacciona con el cloro formando subproductos de desinfección, como los trihalometanos, compuestos con potencial cancerígeno. Dichas alteraciones incrementan la solubilidad de contaminantes y la capacidad de formación de subproductos tóxicos durante la desinfección, generando efectos adversos para la salud pública (Ruiz & Chacón, 1993).

Las figuras 10 y 11 presentan los valores promedio de la conductividad eléctrica (CE) y de los sólidos disueltos totales (SDT) en muestras de agua de consumo humano provenientes de reservorios y grifos domiciliarios del distrito de Río Magdalena. Las once comunidades estudiadas registraron valores de SDT por debajo del límite máximo

permisible (LMP) de 1000 mg/L establecido por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Monterrico Alta presentó las concentraciones más bajas, lo cual indica escasa mineralización del recurso hídrico. Similarmente, la CE se mantuvo por debajo del LMP de 1500 μ S/cm en todos los puntos de muestreo.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2011), el agua con SDT menor a 300 mg/L se considera de "calidad excelente" en términos de baja salinidad. Dado que todos los valores registrados están por debajo de 200 mg/L, el agua es segura para el consumo, aunque podría percibirse con sabor insípido. No obstante, la OMS advierte que aguas con SDT muy bajos (<100 mg/L) pueden resultar agresivas y corrosivas para las tuberías, situación que requiere vigilancia en las instalaciones domésticas de estas localidades. La correlación directa observada entre CE y SDT concuerda con lo reportado por Srinivasamoorthy *et al.*, (2008), quienes establecen que la conductividad eléctrica es un indicador confiable de la concentración total de iones disueltos. La similitud entre las muestras de grifo y reservorio en la mayoría de localidades indica que la red de distribución mantiene la calidad del agua. Sin embargo, la ligera diferencia registrada en Paquichari podría estar relacionada con variaciones en el sistema de almacenamiento, aspecto que requiere vigilancia considerando que aguas con bajos SDT pueden presentar tendencia corrosiva (García *et al.*, 2018).

La figura 12 presenta el porcentaje de cumplimiento de los límites máximos permisibles (LMP) de pH (6,5 a 8,5), establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA, diferenciando dos puntos de muestreo: reservorio y grifo domiciliario. Se observa un incumplimiento generalizado en ambos puntos de muestreo. En el reservorio, el 36 % cumple con la norma, mientras que el 64 % no cumple. Por otro lado, en los grifos domiciliarios, solo el 27 % cumple, mientras que el 73 % incumple la normativa vigente. Existe una diferencia de 9 % entre el incumplimiento del reservorio y el del grifo, lo cual indica que la calidad del agua se altera significativamente durante el trayecto desde el reservorio hasta los grifos domiciliarios. De acuerdo con el estudio de Geldreich, (1996), la red de distribución actúa como un punto de degradación de la calidad del agua, donde la corrosión de tuberías y la formación de biofilms pueden alterar parámetros como el pH y comprometer la calidad microbiológica.

La figura 13 presenta los datos sobre el cumplimiento del parámetro microbiológico *Escherichia coli* en muestras de agua, conforme al D.S. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del Perú. Esta normativa establece un Límite Máximo Permissible (LMP) de 0 UFC/100 mL; por tanto, la presencia de cualquier

cantidad de *E. coli* indica que el agua no es adecuada para el consumo humano, al ser un indicador de contaminación fecal reciente. El 82 % de los lugares muestreados, tanto en grifos como en reservorios, incumplen la normativa vigente; únicamente el 18 % de las muestras cumplen con el estándar. Estos resultados evidencian que la contaminación no constituye un problema aislado del almacenamiento (reservorio) ni de los grifos domiciliarios, sino de carácter sistémico. La ausencia de diferencias entre grifos y reservorios indica contaminación sistémica antes que recontaminación domiciliar aislada, fenómeno característico de sistemas de abastecimiento con suministro intermitente. En estos sistemas, el cloro residual se agota rápidamente durante los períodos sin presión, lo cual permite el crecimiento bacteriano, mientras que la presión negativa facilita intrusiones cíclicas de contaminantes en toda la red de distribución (Kumpel & Nelson, 2016)

En la tabla 14 se presentan los parámetros químicos inorgánicos de las muestras de agua provenientes de los reservorios del distrito de Río Magdalena. Los resultados indicaron que, en todas las comunidades evaluadas, los niveles se mantuvieron dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa vigente. No obstante, en la comunidad de Nueva Jerusalén se observó que la concentración de aluminio se aproximaba al límite permitido. Cabe señalar que la OMS fija un valor guía para el aluminio en agua potable de 0,1–0,2 mg/L, aunque no establece un límite obligatorio basado en efectos específicos sobre la salud pública. Cutipa *et al.*, (2024) señalan que el 60 % de los estudios revisados reporta una asociación positiva entre la exposición al aluminio y la enfermedad de Alzheimer, mientras que el 40 % restante no encuentra dicha relación. Evidenciando que actualmente aún es insuficiente para confirmar una relación casual definitiva.

VI. CONCLUSIONES

- La evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua de consumo humano en el distrito de Río Magdalena y sus comunidades evidenció el incumplimiento de los parámetros establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA).
- Se determinó que, en las muestras de reservorio, la presencia de coliformes totales alcanzó el 90,9 % y la de coliformes fecales el 86,4 %; además, *E. coli* se detectó en el 60,6 % de los casos. En los grifos domiciliarios, estas prevalencias resultaron mayores: 92,4 % para coliformes totales y termotolerantes, y 69,7 % para *E. coli*. Asimismo, se registraron recuentos de BHMV entre 548 y 3×10^3 UFC/mL. Estos hallazgos evidencian un riesgo sanitario elevado, asociado a contaminación fecal reciente.
- El análisis fisicoquímico mostró alteraciones significativas: el 68,18 % de las muestras no cumplió con los límites de pH, el 100 % excedió los valores permisibles de turbidez y color, y se registró ausencia total de cloro residual libre (0,0 ppm), confirmando una deficiente desinfección o nula en el sistema de abastecimiento.
- La comparación entre reservorio y grifo domiciliario evidenció calidad microbiológica y fisicoquímica críticamente deficiente en ambos puntos.
- El 100 % de las muestras evaluadas no cumplen por lo menos con un parámetro establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA), evidenciando la necesidad de optimizar la remoción de turbidez y color previos a la desinfección antes de la cloración, evitando así la formación de subproductos de desinfección y garantizando la adecuado distribución del agua de consumo humano.

VII. RECOMENDACIONES

- Para futuros investigadores coordinar con los gobiernos locales, las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) y los establecimientos de salud.
- Ampliar el alcance del monitoreo hacia parámetros orgánicos regulados en el D.S. N° 031-2010-SA, con énfasis en plaguicidas, compuestos relacionados a actividades agrícolas y cultivos ilícitos.
- Incorporar el muestreo sistemático en las zonas de captación como componente esencial en futuros estudios de calidad de agua.
- En función de los resultados obtenidos respecto al color y la turbidez, se recomienda priorizar el monitoreo de estos parámetros en futuros estudios sobre agua de consumo humano, particularmente en zonas de selva con alta cobertura vegetal. Esto es fundamental debido a que la presencia de materia orgánica natural, al someterse a cloración, favorece la formación de subproductos de desinfección como los trihalometanos, los cuales representan un riesgo carcinogénico para la salud.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAT Bioquest, I. (s. f.). MUGlcU [4-metilumbeliferil-beta-D-glucurónido] *CAS 881005-91-0* | AAT Bioquest. Recuperado 20 de abril de 2026, de <https://www.aatbio.com/products/muglcu-4-methylumbelliferyl-beta-d-glucuronide-cas-881005-91-0>
- APHA. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23 edic.). American Public Health Association.
- Arriaga, A., & Diaz, F. (2014). Mercurio en la minería del oro: Impacto en las fuentes hídricas destinadas para consumo humano. *Revista de Salud Pública*, 16(6), 947-957. <https://doi.org/10.15446/rsap.v16n6.45406>
- Ávila, J., Arciniega, M., Moreno, K., & Llanes, O. (2024). Contaminación microbiológica en agua potable de localidades rurales en el municipio de Ahome, Sinaloa, México. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 15(29). <https://doi.org/10.23913/ride.v15i29.2182>
- AWWA. (2010). *Water Quality & Treatment: A Handbook on Drinking Water*. McGraw-Hill Education. (6.^a ed.). American Water Works Association. <https://www.vitalsource.com/products/water-quality-treatment-a-handbook-on-drinking-american-water-works-v9780071630108>
- Bartram, J., Contruvo, J., Exner, M., Fricker, C., & Glasmacher, A. (2003). Heterotrophic Plate Counts and Drinking-water Safety: The Significance of HPCs for Water Quality and Human Health. *World Health Organization & IWA*, 327.
- Chaquea, Y. (2016). Capítulo 1: Análisis físico del agua. <http://hdl.handle.net/11634/33951>
- Cruz, H., & Montañez, D. (2024). Diagnóstico de la calidad bacteriológica del agua potable en algunas comunidades rurales de la región de Azuero. *Revista Científica Universitaria*, 13(1), 24-37. <https://doi.org/10.48204/j.centros.v13n1.a4632>
- Cruz, M. (2023). Evaluación del nivel de contaminación de los principales parámetros microbiológicos de control sanitario del agua potable del distrito de Ilave 2021 – 2022. *Universidad Privada San Carlos*, 1-113.
- Cutipa, Y., Huanacuni, C., Limache, E., Mamani, D., Sánchez, W., Rubira, D., Gutiérrez, R., & Sacari, E. (2024). Exposure to Aluminum in Drinking Water and the Risk of Developing Alzheimer's Disease: A Bibliometric Analysis and Systematic Evaluation. *Water*, 16(17). <https://doi.org/10.3390/w16172386>
- DEVIDA. (2013). Estudio de la calidad del agua en el Valle del Río Apurímac (pp. 1-40). Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas. <https://www.gob.pe/institucion/devida/informes-publicaciones/3057364-estudio-de-la-calidad-del-agua-en-el-valle-del-rio-apurimac>
- DIGESA. (2015). Protocolo de procedimiento para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano. [Dirección General De Salud Ambiental]. https://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/
- DIGESA. (2018). Reglamento de la calidad del agua para consumo humano – Parámetros organolépticos. Dirección General de Salud Ambiental.

- https://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calid_d_Agua.pdf
- Edberg, S. C., Allen, M. J., & Smith, D. B. (1991). Defined substrate technology method for rapid and specific simultaneous enumeration of total coliforms and *Escherichia coli* from water: Collaborative study. *Journal - Association of Official Analytical Chemists*, 74(3), 526-529.
- EPA. (1994). Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry. U.S. Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/method_200-8_rev_5-4_1994.pdf
- EPA. (2002). Method 1603: *Escherichia coli* (*E. coli*) in Water by Membrane Filtration Using Modified membrane-Thermotolerant *Escherichia coli* Agar (Modified mTEC) (p. 13). Office of Water, Office of Science and Technology. <https://dec.alaska.gov/media/18282/b1-10-method-1603.pdf>
- EPA. (2011). EPA Drinking Water ADVICE NOTE Advice Note No. 10: Service Reservoir Inspection, Cleaning and Maintenance (p. 10). Environmental Protection Agency. <https://www.epa.ie/publications/compliance--enforcement/drinking-water/advice-guidance/Advice-Note-No10.pdf>
- Feng, P., & Hartman, P. (1982). Fluorogenic assays for immediate confirmation of *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology*, 43(6), 1320-1329. <https://doi.org/10.1128/aem.43.6.1320-1329.1982>
- Fernández, C., & Crespo, A. (2008). El agua, recurso único. El derecho humano al agua: situación actual y retos de futuro, 2008, ISBN 978-84-9888-020-5, págs. 19-38, 19-38. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2742704>
- Flores, J., Carmona, K., Lizano, J., & Guadalupe, L. (2017). P322/S6-P1 CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN AGUA DE CONSUMO HUMANO EN CAJA DE AGUA. LIMA, 2017. <http://www.alanrevista.org/ediciones/2023/suplemento-1/art-420/>
- García, F., Ramos, L., & Zhindón, C. (2018). Estimation of corrosive and scaling trend in drinking water systems in the city of Azogues, Ecuador. *Revista Ambiente & Água*, 13, e2237. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2237>
- Geldreich, E. (1996). *Microbial Quality of Water Supply in Distribution Systems*. Lewis Publishers. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781000114751_A40122171/preview-9781000114751_A40122171.pdf
- Ghislaine, R., Huaylinos, M. L., Gil, A., Lanata, C., & Clasen, T. (2014). Assessing the consistency and microbiological effectiveness of household water treatment practices by urban and rural populations claiming to treat their water at home: A case study in Peru. *PloS One*, 9(12), e114997. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114997>
- Gonzales, W., Acharte, L., Poma, J., Sánchez, V., Quispe, F., Meseguer, R., Gonzales, W., Acharte, L., Poma, J., Sánchez, V., Quispe, F., & Meseguer, R. (2023). Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en seis comunidades rurales altoandinas de Huancavelica-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(1), 23-31. <https://doi.org/10.18271/ria.2023.486>

- González, P., & Tello, I. (2018). Caracterización del agua entubada para consumo humano en la Comuna de Manantiales del Cantón Montecristi: Artículo de investigación. *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA*. ISSN: 2600-5883., 1(2), 22-30.
- González, R. A., Ribalta, J. A., Ramírez, S., & Jiménez, Y. (2021). Cuantificación de níquel y cobalto en aguas residuales de una planta de procesamiento de minerales auríferos. *Revista Cubana de Química*, 33(3), 345-366.
- Gwimbi, P., George, M., & Ramphalile, M. (2019). Contaminación bacteriana de las fuentes de agua potable en aldeas rurales de la cuenca de Mohale, Lesotho: Exposición a través de prácticas de saneamiento e higiene vecinales. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 24, 33. <https://doi.org/10.1186/s12199-019-0790-z>
- Hurtado, R., & Gardea, J. (2007). Evaluación de la exposición a selenio en Los Altos de Jalisco, México. *Salud Pública de México*, 49(4), 312-315.
- IANAS. (2019). Calidad del Agua en las Américas. Riesgos y oportunidades (p. 661). La Red Interamericana de Academias de Ciencias. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/Calidad-de-agua-en-las-Am%C3%A9ricas_2019.pdf
- IDEXX. (s. f.). Colilert 18. Recuperado 1 de noviembre de 2025, de <https://www.idexx.es/es/water/water-products-services/colilert-18/>
- INEI. (2023). Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://www.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/formas-de-acceso-al-agua-y-saneamiento-basico-9343/1/>
- ISO. (2014). ISO 9308. Calidad del agua: Recuento de *Escherichia coli* y bacterias coliformes. Método de filtración por membrana para aguas con baja flora bacteriana de fondo. <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9308:-1:ed-3:v1:en>
- ISO. (2018). ISO 5667-5:2018. Water quality — Sampling — Part 5: Guidance on sampling of drinking water from distribution systems. International Organization for Standardization. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/36694/7c61a4e32b384f98972b9d77bb297d76/ISO-5667-5-2006.pdf>
- Khan, M. X., & Butt, A. (2022). Evaluation of Water Quality Using Physicochemical Parameters and Aquatic Insects Diversity. *River Basin Management - Under a Changing Climate*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.108423>
- Kumpel, E., & Nelson, K. (2016). Suministro intermitente de agua: Prevalencia, práctica y calidad microbiológica del agua. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03973>
- Labus, K. (2018). Reaction scheme of ortho-nitrophenyl- β -D-galactopyranoside (ONPG)... *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/figure/Reaction-scheme-of-ortho-nitrophenyl-b-D-galactopyranoside-ONPG-hydrolysis-in-the_fig1_328242357
- LeChevallier, M. W., & Kwok, A. (2004). Water Treatment and Pathogen Control: Process Efficiency in Achieving Safe Drinking-water. World Health Organization.
- LeChevallier, M. W., Lowry, C. D., & Lee, R. G. (1990). Disinfecting Biofilms in a Model Distribution System. *Journal AWWA*, 82(7), 87-99. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1990.tb06996.x>

- LeChevallier, M. W., Norton, W. D., & Lee, R. G. (1991). *Giardia* and *Cryptosporidium* spp. In filtered drinking water supplies. *Applied and Environmental Microbiology*, 57(9), 2617-2621. <https://doi.org/10.1128/aem.57.9.2617-2621.1991>
- Leclerc, H., Mossel, D. A., Edberg, S. C., & Struijk, C. B. (2001). Advances in the bacteriology of the coliform group: Their suitability as markers of microbial water safety. *Annual Review of Microbiology*, 55, 201-234. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.55.1.201>
- Marín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: Tratamiento y control de calidad de aguas*. Ediciones Díaz de Santos. <https://elibro.net/es/ereader/santotomas/53050>
- Matilainen, A., & Sillanpää, M. (2010). Removal of natural organic matter from drinking water by advanced oxidation processes. *Chemosphere*, 80(4), 351-365. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.04.067>
- MINSA. (2011). *Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA (Versión 1)*. Ministerio de Salud. https://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf
- MVCS. (2018). *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/275920-192-2018-vivienda>
- National Research Council. (1980). *The Disinfection of Drinking Water*. En *Drinking Water and Health: Volume 2*. National Academies Press (US). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK234590/>
- Oleas, B. (2016). *Evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano en la Parroquia Rural de Cubijíes del Cantón Riobamba*. [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <https://dspace.espace.edu.ec/items/e7d2dd79-c4f4-4193-a3ef-136ed459fc16>
- Olivera, A. (2013). *Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano del distrito de Acos Vinchos*. Ayacucho, 2012. [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5237>
- OMS. (2011). *Guidelines for drinking-water quality*, 4th edition (p. 564). Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548151>
- OMS. (2017). *Guías para la calidad del agua de consumo humano* (pp. 1-636). Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>
- Ospina, O., & Cardona, H. (2021). Evaluación de la contaminación por aluminio del agua para consumo humano, región central de Colombia. *Inge CuC*, 17(2), 31-41. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.17.2.2021.04>
- Palomino, M. (2016). *Calidad de agua de consumo humano del distrito de Anco, La Mar, Ayacucho 2016*. [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2337>
- Palomino, C. (2017). *Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano y de riego del distrito de Luricocha de la provincia de Huanca – Ayacucho 2016 – 2017* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1660>

- PDCL. (2024). Plan de desarrollo local concertado del distrito de Río Magdalena 2024-2033 (pp. 1-54). Municipalidad distrital de Río Magdalena. <file:///C:/Users/LENOVO/Documents/proyecto%20biologia/PDLC%20Rio%20Magdalena.pdf>
- Pérez, F., Balmore, J., Hernández, E., Bessie, O., & Del Cid, M. (2015). Determinación de arsénico y mercurio en agua superficial del lago de Atitlán. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 8.
- Pisciotta, J., Rath, D., Stanek, P., Flanery, M., & Harwood, V. (2002). Marine Bacteria Cause False-Positive Results in the Colilert-18 Rapid Identification Test for *Escherichia coli* in Florida Waters. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(2), 539-544. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.2.539-544.2002>
- Pooja, K., Avtar, S., Krishnakanth, P., & Gothandam, K. (2023). A Review on the Various Sources of β -Galactosidase and Its Lactose Hydrolysis Property. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1007/s00284-023-03220-4>
- Ramoutar, S. (2020). Uso de Colilert-18, Colilert y Enterolert para la detección de coliformes fecales, *Escherichia coli* y enterococos en aguas marinas tropicales, Trinidad y Tobago. *Regional Studies in Marine Science*, 40, 101490. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101490>
- Ruiz, R., & Chacón, B. (1993). Sustancias húmicas en el agua del proyecto Orosi. *Tecnología en Marcha*, 11(4), 73-81.
- Samboni, N. E., Carvajal, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181.
- Satterfield, Z. (2005). Turbidity Control. National Environmental Services Center, 6, 8.
- Sempértegui, R. (2021). Calidad microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Colpa Tuapampa, Chota. [Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/184>
- Sil, T. B., Malyshev, D., Aspholm, M., & Andersson, M. (2025). Potenciar el poder desinfectante del hipoclorito mediante la modulación del pH. *BMC Microbiology*, 25(1), 101. <https://doi.org/10.1186/s12866-025-03831-w>
- Solís, Y., Zúñiga, L. A., Mora, D., Solís, Y., Zúñiga, L. A., & Mora, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 35-46. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- Srinivasamoorthy, K., Chidambaram, S., Prasanna, M. V., Vasanthavihar, M., Peter, J., & Anandhan, P. (2008). Identification of major sources controlling groundwater chemistry from a hard rock terrain—A case study from Mettur taluk, Salem district, Tamil Nadu, India. *Journal of Earth System Science*, 117(1), 49-58. <https://doi.org/10.1007/s12040-008-0012-3>
- SUNASS. (2022). Sunass evaluó adecuada cloración del agua en 323 organizaciones comunales que brindan los servicios de saneamiento en el ámbito rural. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. <https://www.gob.pe/institucion/sunass/noticias/675935-sunass-evaluo-adecuada-cloracion-del-agua-en-323-organizaciones-comunales-que-brindan-los-servicios-de-saneamiento-en-el-ambito-rural>

- SUNASS. (2024). Compendios—El Buen Dato Sunass El impacto del agua potable y saneamiento en la calidad de vida. <https://www.gob.pe/institucion/sunass/colecciones/47085-el-buen-dato-sunass>
- Swistock, B. (2023). Bacterias Coliformes. Penn State Extension. <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>
- Tryland, I., & Fiksdal, L. (1998). Enzyme Characteristics of β -d-Galactosidase- and β -d-Glucuronidase-Positive Bacteria and Their Interference in Rapid Methods for Detection of Waterborne Coliforms and *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(3), 1018-1023. <https://doi.org/10.1128/AEM.64.3.1018-1023.1998>
- Varón, M., Restrepo, Á., & Guerrero, J. (2019). Agua potable para uso doméstico: Análisis del ciclo de vida y de escenarios hipotéticos de manejo ambiental para la ciudad de Pereira, Colombia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 18(35), 13-31. <https://doi.org/10.22395/rium.v18n35a2>
- Volf, G., Čule, I. S., Atanasova, N., Zorko, S., & Ožanić, N. (2025). Explaining and Predicting Microbiological Water Quality for Sustainable Management of Drinking Water Treatment Facilities. *Sustainability*, 17(15). <https://doi.org/10.3390/su17156659>
- Welch, P., David, J., Clarke, W., Trinidad, A., Penner, D., Bernstein, S., McDougall, L., & Adesiyun, A. A. (2000). Calidad microbiológica del agua en comunidades rurales de Trinidad. *Revista Panamericana De Salud Pública*, 8(3), 172-180. <https://doi.org/10.1590/s1020-49892000000800004>

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia

Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano del distrito de Río Magdalena, provincia La Mar, Ayacucho – 2025

Problema	Objetivos	Variables	Indicadores	Marco teórico	Metodología
¿Cuál será la calidad microbiológica y fisicoquímica en las aguas de consumo humano en el distrito de Río Magdalena y sus comunidades, La Mar, ¿Ayacucho?	Objetivo general: • Evaluar la calidad microbiológica y fisicoquímica en las aguas de consumo humano en el distrito de Río Magdalena y sus comunidades, La Mar, Ayacucho.	Calidad microbiológica	Coliformes totales (UFC/100 mL) Coliformes termotolerantes (UFC/100 mL) Bacterias heterotróficas mesófilas viables (UFC/mL). Coliformes totales (UFC/100 mL)	• Antecedentes • Marco conceptual • Agua • Agua para consumo humano.	Se tomará en las once (11) comunidades con dos puntos de muestreo que serán consideradas el reservorio y grifos domiciliarios, es decir, una muestra en reservorio y otra en domicilio. En total existirán veintidós (22) puntos de muestreo en los seis (6) meses de evaluación. Teniendo en total de 132 muestras de aguas tanto para parámetros microbiológicos y fisicoquímicos. Cada muestra constará de un frasco de 250 ml para análisis microbiológico, fisicoquímico y minerales.
	Objetivos específicos: • Determinar la calidad microbiológica en las aguas de consumo humano en el distrito de Río Magdalena y sus comunidades, La Mar, Ayacucho. • Determinar la calidad fisicoquímica en las aguas de consumo humano del distrito de Río Magdalena y sus comunidades, La Mar, Ayacucho. • Comparar la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano entre reservorios y grifos domiciliarios del distrito de Río Magdalena y sus comunidades, La Mar, Ayacucho. • Comparar la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano con los estándares permitidos para el consumo humano según D.S. N° 031-2010-SA.	Calidad fisicoquímica	Turbidez (UNT) Sólidos Totales Disueltos (mg/L) Cloro residual Color (Pt/Co) Temperatura Conductividad Dureza Potencial de hidrógeno Aluminio Hierro Sodio Cobre Plomo Níquel	• Contaminación del agua de consumo humano. • Calidad microbiológica del agua • Calidad fisicoquímica del agua • Minerales • Tecnología de Sustrato Definido • Marco legal	

Anexo 2 Límites máximos permisibles (LMP) de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos. (MINSA, 2011)

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Níquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015

Anexo 3 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Monterrico Alta del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú, 2025.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2509179-1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MA-1 MONTERRICO ALTO 8681860N / 651095E 05/09/2025 12:46:00 AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUA DE BEBIDA
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORIA					
SUB CATEGORIA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.069 ± 0.0060
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0086 ± 0.00080
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	11.732 ± 1.17
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00294 ± 0.00074
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0085 ± 0.00080
Gaio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0580 ± 0.0046
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0064 ± 0.00060
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	2.037 ± 0.24
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00029 ± 0.0
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0026 ± 0.00060
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0006 ± 0.00010
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.49 ± 0.040
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.0009
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	32.27 * ± 3.87
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	15.082
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	5.065 ± 0.56
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0083 ± 0.00080
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 5

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pa.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

Anexo 4 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Buenos Aires del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú, 2025.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2509177-1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					BA-1 RESERVORIO BUENOS AIRES 8580455N / 649385E 07/09/2025 15:10:00 AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUA DE BEBIDA
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORIA					
SUB CATEGORIA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.097 ± 0.0090
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0106 ± 0.0010
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	1.029 ± 0.10
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Cobro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00138 ± 0.00035
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0093 ± 0.00080
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.1083 ± 0.0087
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0038 ± 0.00030
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	2.215 ± 0.27
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00804 ± 0.00056
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0025 ± 0.00060
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.63 ± 0.050
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0014 ± 0.00010
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	22.75 ± 2.73
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	10.635 ± 1.28
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	3.185 ± 0.35
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	<0.0026
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 5

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 | Callao 1 | Callao | t (511) 517 1900 | www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 | Parque Industrial | Arequipa | t (054) 213 506 | e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez | Ba. San Antonio | Cajamarca | t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

Anexo 5 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Santa Cruzniyocc del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú, 2025.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2509178-1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					SC-1 RESERVOIRIO SANTACRUZNIYOCC 8575844N / 648149E 07/09/2025 17:20:00 AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUA DE BEBIDA
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORIA					
SUB CATEGORIA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.0079 ± 0.00070
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	15.474 ± 1.55
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0005 ± 0.00010
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0350 ± 0.0032
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0005 ± 0.0000
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	3.177 ± 0.38
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00016 ± 0.000040
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.64 ± 0.050
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.0009
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	23.51 ± 2.82
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	10.990 ± 1.32
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	2.622 ± 0.29
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	<0.0026
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 5

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

Anexo 6 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de San Agustín del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú, 2025.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2509180-1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					SA-1 SAN AGUSTIN
FECHA DE MUESTREO					8582374N / 650264E
HORA DE MUESTREO					05/09/2025
CATEGORIA					12:12:00
SUB CATEGORIA					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA DE BEBIDA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0074 ± 0.00070
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	13.743 ± 1.37
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0003 ± 0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0328 ± 0.0030
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0005 ± 0.0000
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	3.165 ± 0.38
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00017 ± 0.000040
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0018 ± 0.00040
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.62 ± 0.050
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.0009
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	23.11 ± 2.77
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	10.801 ± 1.30
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	3.093 ± 0.34
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0172 ± 0.0017
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 5

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

Anexo 7 Resultados de los análisis de minerales en de agua en reservorio de la comunidad de Talanquiato del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú, 2025.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2509181-1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TA-1 TALANQUIATO
FECHA DE MUESTREO					8582778N / 848709E
HORA DE MUESTREO					05/09/2025
CATEGORIA					11:55:00
SUB CATEGORIA					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA DE BEBIDA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0082 ± 0.00070
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	14.526 ± 1.45
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00038 ± 0.00010
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0008 ± 0.00020
Estañio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0342 ± 0.0031
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0006 ± 0.00010
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	3.471 ± 0.42
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00013 ± 0.000030
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0009 ± 0.00020
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.70 ± 0.060
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.0009
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	25.04 * ± 3.00
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	11.706 ± 1.41
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	2.821 ± 0.31
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	<0.0026
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 5

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

Anexo 8 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Villa Rica del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú, 2025.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2509182-1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					VR-1 VILLA RICA
FECHA DE MUESTREO					8680372N / 648854E
HORA DE MUESTREO					05/09/2025
CATEGORIA					10:43:00
SUB CATEGORIA					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA DE BEBIDA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Pesados					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0081 ± 0.00070
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	13.765 ± 1.38
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00039 ± 0.00010
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0004 ± 0.00010
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0330 ± 0.0030
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Gallo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0006 ± 0.00010
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	3.147 ± 0.38
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00017 ± 0.000040
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0007 ± 0.00020
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.62 ± 0.050
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.0009
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	23.11 * ± 2.77
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	10.802 ± 1.30
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	2.621 ± 0.29
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Telurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	<0.0026
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 5

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao
Arequipa
Cajamarca

t (511) 517 1900
t (054) 213 506
t (076) 366 092
www.sgs.pe
e Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS

Anexo 9 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Unión Vista Alegre del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú, 2025.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2509183-1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					UVA-1 UNIÓN VISTA ALEGRE 8579316N / 647880E 05/09/2025 10:05:00 AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUA DE BEBIDA
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORIA					
SUB CATEGORIA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.0303 ± 0.0027
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	2.940 ± 0.29
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0008 ± 0.00020
Estatio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0291 ± 0.0026
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0059 ± 0.00050
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	2.475 ± 0.30
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00458 ± 0.00032
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0081 ± 0.0019
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	1.84 ± 0.15
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0024 ± 0.00020
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	15.32 ± 1.84
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	7.162 ± 0.86
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	3.208 ± 0.35
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0127 ± 0.0013
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 5

Anexo 10 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Puente Belén del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú, 2025.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2509184-1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PB-1 PUENTE BELÉN 8579471N / 651247E 05/09/2025 09:26:00 AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUA DE BEBIDA
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORIA					
SUB CATEGORIA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	3.104 ± 0.31
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00037 ± 0.000090
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0007 ± 0.00020
Estañio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0175 ± 0.0016
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Gallio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	0.00138 ± 0.00011
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.00056 ± 0.00050
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	3.213 ± 0.39
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00276 ± 0.00019
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00061 ± 0.00014
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0034 ± 0.00080
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.59 ± 0.050
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.0009
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	27.73 ± 3.33
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	12.960 ± 1.55
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	4.489 ± 0.49
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	<0.0026
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 5

Anexo 11 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Paquichari del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú, 2025.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2509185-1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PQ-1 PAQUICHARI
FECHA DE MUESTREO					8579491N / 649828E
HORA DE MUESTREO					05/09/2025
CATEGORIA					09:23:00
SUB CATEGORIA					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA DE BEBIDA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.095 ± 0.0090
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0053 ± 0.00050
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	8.245 ± 0.83
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00225 ± 0.00056
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0004 ± 0.00010
Estanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0520 ± 0.0047
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0652 ± 0.0052
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0012 ± 0.00010
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	4.086 ± 0.49
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00078 ± 0.000050
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Níquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.56 ± 0.040
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.0009
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	26.69 ± 3.20
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	12.475 ± 1.50
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	4.377 ± 0.48
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0015 ± 0.00020
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0086 ± 0.00090
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 5

Anexo 12 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Nueva Jerusalén del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú, 2025.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2509186-1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					NJ-1 NUEVA JERUSALEN 8577782N / 648495E 05/09/2025 08:57:00 AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUA DE BEBIDA
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORIA					
SUB CATEGORIA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.155 ± 0.014
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0120 ± 0.0011
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	4.416 ± 0.44
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0018 ± 0.00050
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0299 ± 0.0027
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.066 ± 0.018
Gallio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.1385 ± 0.011
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0010 ± 0.00010
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.124 ± 0.13
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00290 ± 0.00020
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0018 ± 0.00040
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.82 ± 0.070
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0010 ± 0.00010
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	14.76 ± 1.77
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	6.901 ± 0.83
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	1.994 ± 0.22
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0062 ± 0.00080
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	<0.0026
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 5

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900
Arequipa t (054) 213 506
Cajamarca t (076) 366 092

www.sgs.pe
e Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS

Anexo 13 Resultados de los análisis de minerales en muestras de agua en reservorio de la comunidad de Monterrico del distrito de Río Magdalena, La Mar, Ayacucho, emitido por SGS del Perú, 2025.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2509187-1**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MT-1 MONTE RRICO 652800N / 648495E 05/11/2025 13:21:00 AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUA DE BEBIDA
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORIA					
SUB CATEGORIA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0235 ± 0.0021
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	2.139 ± 0.21
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0010 ± 0.00030
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0149 ± 0.0013
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Gallio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0802 ± 0.0064
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0008 ± 0.00010
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.599 ± 0.072
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00411 ± 0.00029
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0043 ± 0.0010
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.95 ± 0.080
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0021 ± 0.00020
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	12.71 * ± 1.53
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	5.942 ± 0.71
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	1.061 ± 0.12
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0267 ± 0.0027
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 5

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

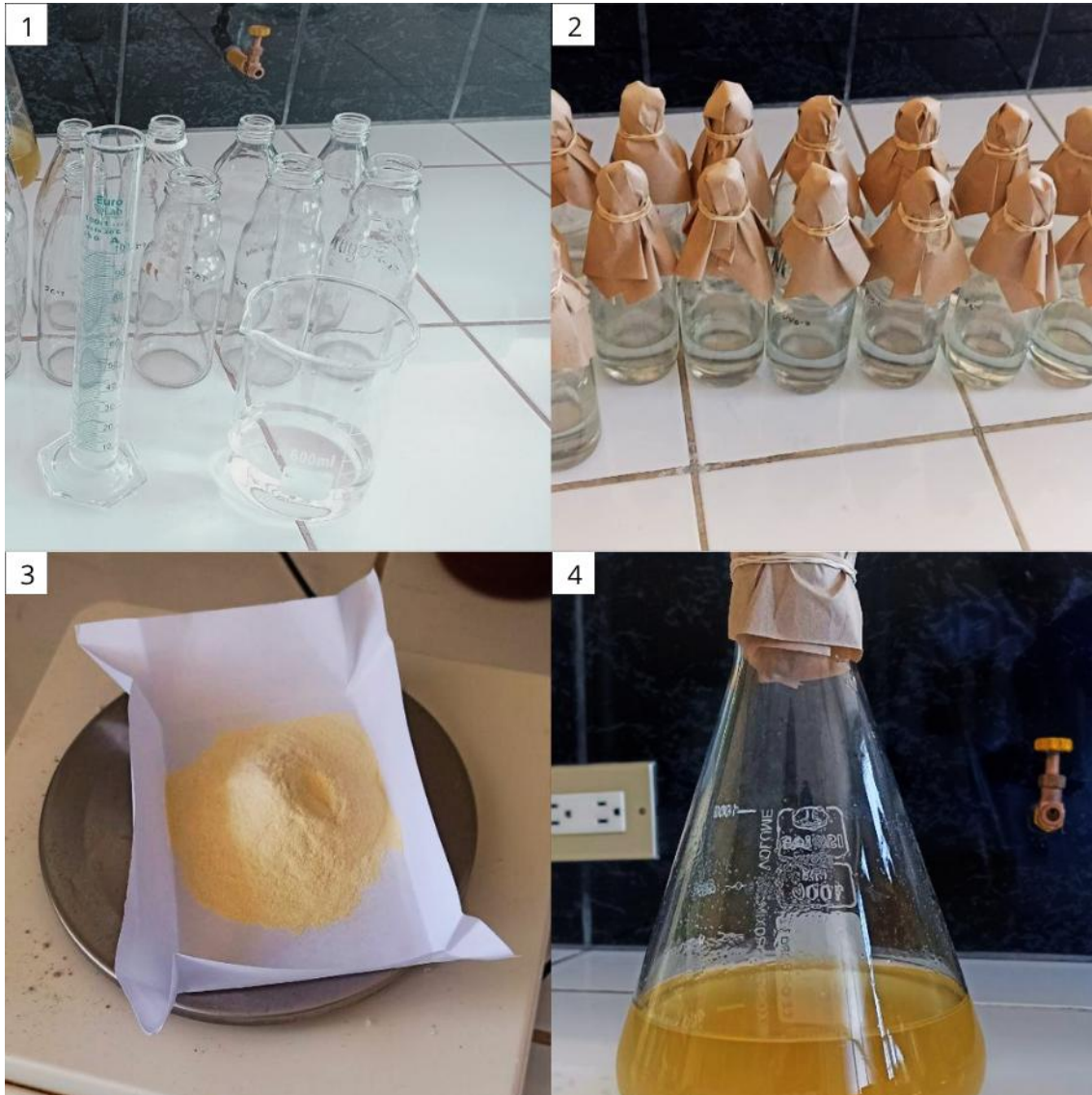
Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900
Arequipa t (054) 213 506
Cajamarca t (076) 366 092

www.sgs.pe
e Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS

Anexo 14 Preparación de materiales para el análisis de bacterias heterotróficas mesófilas viables (BHMV).



(1) Adición de 90 mL de agua de peptona a cada frasco (2) Frascos con agua peptonada preparados para su esterilización (3) Pesaje de agar para recuento en placa (Agar Plate Count) (4) medio Agar plate count preparado

Anexo 15 Puntos de muestreo (reservorios y grifos domiciliarios) del distrito de Río Magdalena, provincia La Mar, Ayacucho.



(1) Reservorio de Buenos Aires (2) Reservorio de Monterrico (3) Reservorio de San Agustín (4) Reservorio de Villa Rica (5) Grifo domiciliario de Villa Rica (6) Almacenamiento de agua del reservorio de Buenos Aires.

Anexo 16 Recolección de muestras de agua para consumo humano en reservorios y grifos domiciliarios del distrito de Río Magdalena, provincia La Mar, Ayacucho.



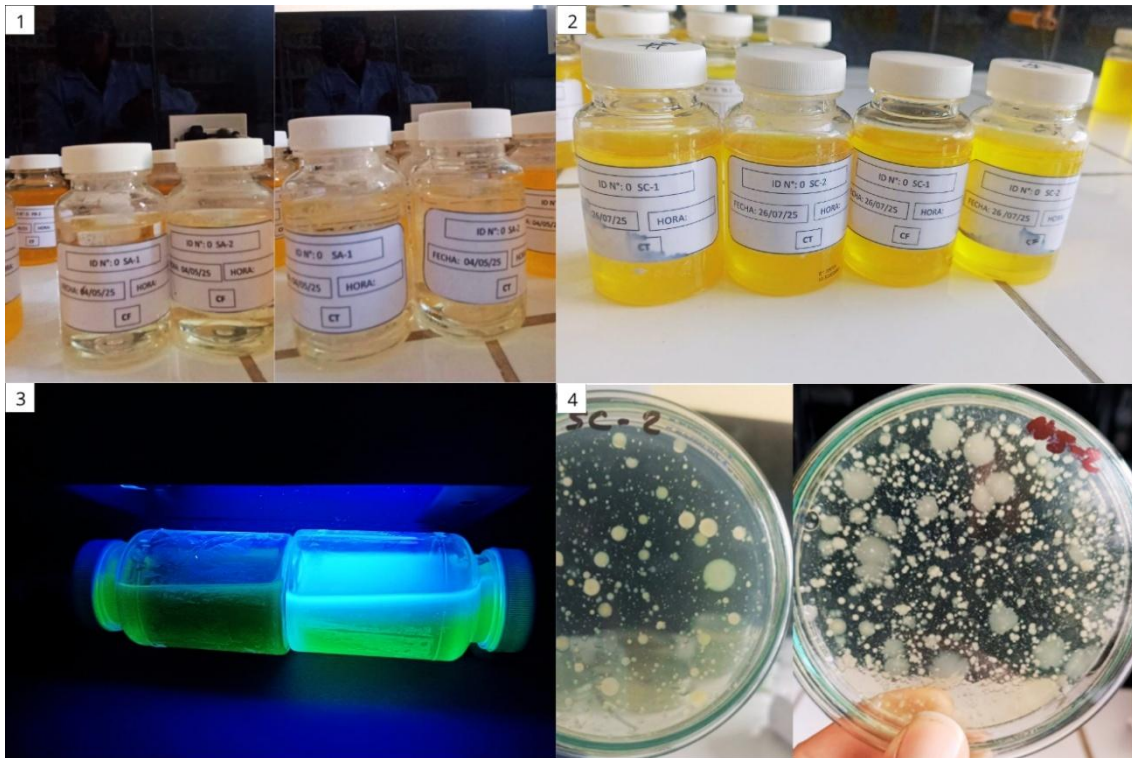
(1) Recolección de muestras de agua en reservorio de Monterrico Alta (2) Medición de parámetros fisicoquímicos del agua, *ex situ* (3) Frascos etiquetados con muestras de agua tomadas de reservorio (4) Desinfección del grifo doméstico (5) Purga de agua abriendo el grifo con el caudal al máximo (6) Frascos etiquetados con muestras de agua tomadas de grifos domésticos.

Anexo 17 Procesamiento microbiológico de muestras de agua en el Laboratorio de Microbiología Ambiental en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.



(1) Procesamiento de muestras de agua para detección de coliformes utilizando Colilert-18 (2) Inoculación en placa para bacterias heterotróficas (3) Incubación de las muestras previamente procesadas.

Anexo 18 Lectura de resultados microbiológicos en el Laboratorio de Microbiología Ambiental en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.



(1) Frascos sin presencia de coliformes totales y fecales (2) Frascos con presencia de coliformes totales y fecales (3) Presencia de *E. coli* evidenciada al exponer la muestra a una lámpara ultravioleta de 365 nm y 6 W (4) placa con crecimiento visible de bacterias heterótrofas.

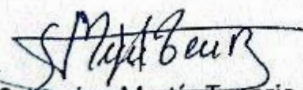


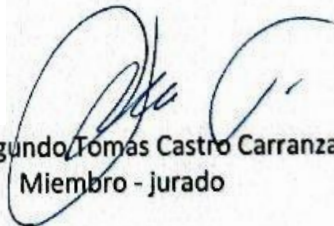
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Marlory Frlorela QUISPE BORDA
RESOLUCIÓN DECANAL N° 080-2026-UNSCH-FCB-D

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cuatro de la tarde de día viernes doce de junio del año dos mil veintiséis se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio del Centro Cultural de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, actuando como presidente el Dr. Saturnino Martín Tenorio Bautista a su vez miembro jurado, el Dr. Segundo Tomas Castro Carranza (miembro – jurado), el Mg. Rilder Nemesio Gastelú Quispe (miembro – jurado), el Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez (miembro – asesor) y actuando como secretario docente el Mg. Luis Uriel Moscoso García, para presenciar la sustentación de tesis titulada: Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano del distrito de Río Magdalena, provincia La Mar, Ayacucho-2025. Presentado por la Bach. Marlory Frlorela QUISPE BORDA; el presidente luego de verificar la documentación generada, indicó al secretario docente dar lectura a la documentación que da fe este acto de académico, luego indico a la sustentante que cuenta con un tiempo de cuarenta y cinco minutos tal como establece en el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Culminada la exposición, el presidente invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas a la sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó a la sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio del Centro Cultural de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones correspondientes; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

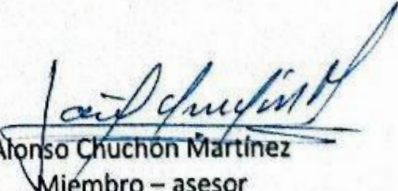
Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas	Promedio
Dr. Segundo Tomas Castro Carranza	17	15	16
Mg. Rilder Nemesio Gastelú Quispe	16	14	15
Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez	17	15	16
PROMEDIO			16

La sustentante alcanzó el promedio de 16 aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso de la sustentante y el público asistente al Auditorio del Centro Cultural de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las seis de la tarde con cuarenta minutos; firmando al pie del presente en señal de conformidad.


Dr. Saturnino Martín Tenorio Bautista
Presidente


Dr. Segundo Tomas Castro Carranza
Miembro - jurado


Mg. Rilder Nemesio Gastelú Quispe
Miembro – jurado


Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez
Miembro – asesor


Mg. Luis Uriel Moscoso García
Secretario docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA-ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 28-2026-FCB-D

Yo, FIDEL RODOLFO MUJICA LENGUA, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano del distrito de Río Magdalena, provincia La Mar, Ayacucho – 2025**, por MARIORY FRIORELA QUISPE BORDA; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 14%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario Nº 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 26 de junio de 2026.


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Escuela Profesional de Biología
Dr. Fidel R. Mujica Lengua
DIRECTOR

Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano del distrito de Río Magdalena, provincia La Mar, Ayacucho – 2025

por MARIORY FRIORELA QUISPE BORDA

Fecha de entrega: 24-jun-2026 07:41 p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2989109217

Nombre del archivo: ISPE_BORDA_-_Mariory_Friorela_-pregrado_-_2026_TURNITIN_PDF.pdf (1.76M)

Total de palabras: 14220

Total de caracteres: 79326

Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano del distrito de Río Magdalena, provincia La Mar, Ayacucho – 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	17%	9%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe	6%
	Fuente de Internet	
2	repositorio.upsc.edu.pe	2%
	Fuente de Internet	
3	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.undac.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	siar.regionpiura.gob.pe	1%
	Fuente de Internet	
6	www.pumagua.unam.mx	1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.unasam.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
8	www.burncohowesound.com	<1%
	Fuente de Internet	
9	www.chinalco.com.pe	<1%
	Fuente de Internet	
10	registry.mvlwb.ca	<1%
	Fuente de Internet	
11	dataonline.gacetajuridica.com.pe	<1%
	Fuente de Internet	
12	repositorio.unas.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
13	revistas.up.ac.pa	<1%
	Fuente de Internet	
14	apirepositorio.unu.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	

15 repositorio.unach.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

16 repositorio.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo