



Esta obra está bajo una
[Licencia Creative Commons
Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
Vea una copia de esta licencia en
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Tesis

Calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 2024

Para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

Autor:

Danglit Neydy Gálvez Jara

<https://orcid.org/0000-0001-8931-410X>

Asesor:

Ing. M.Sc. Stánler Irigoín Vásquez

<https://orcid.org/0000-0002-5682-5330>

Moyobamba, Perú

2025



FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Tesis

Calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 2024

Para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

Autor:

Danglit Neydy Galvez Jara

Sustentado y aprobado el 16 de mayo del 2025, ante el honorable jurado:

Presidente de Jurado
Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde
Vera

Secretario de Jurado
Blgo. M.Sc. Luis Eduardo
Rodríguez Pérez

Vocal de Jurado
Lic. M.Sc. Ronald Julca Urquiza

Asesor
Ing. M.Sc. Stánler Irigoín
Vásquez

Moyobamba, Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS CONDUCENTES A
TÍTULO PROFESIONAL N° 012-2025-UNSM/EPIS/UI**

Jurado reconocido con Resolución N° 536-2023-UNSM/CF/FE, Moyobamba 14 de diciembre de 2023 y modificado con Resolución N° 024-2025-UNSM/CFT/FE, Moyobamba 26 de febrero de 2025.

**FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA SANITARIA**

A las 10:00 horas, del día viernes 16 de mayo de 2025, se dio inicio al acto público de sustentación del informe final de tesis **“Calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 2024”**, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario, presentado por **Danglit Neydy Gálvez Jara**, con la asesoría del **Ing. M.Sc. Stánler Irigoín Vásquez**.

Instalada la Mesa Directiva conformada por la **Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera** (Presidente del jurado), **Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez** (Secretario), **Lic. M.Sc. Ronald Julca Urquiza** (Vocal) y acompañado por el **Ing. M.Sc. Stánler Irigoín Vásquez** (Asesor), el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la **Resolución N° 326-2024-UNSM/CF/FE, de fecha 28 de junio de 2024**.

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por la sustentante y evaluado por el jurado con la venia del asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia de la sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue... *Quince (15)*, tal como se deja constar en la siguiente descripción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria



De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es **APROBATORIA**.....y correspondiente a la calificación de **BUENO**..... leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de Sustentaciones N° 002 del Programa de Estudios de Ingeniería Sanitaria de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología de la UNSM.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final tesis, en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las **11,45**..... horas, el mismo día 16 de mayo de 2025.

Ing. M.Sc. Mirtha Felicitia Valverde Vera
Presidente de Jurado

Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodriguez Pérez
Secretario de Jurado

Lic. M.Sc. Ronald Julca Urquiza
Vocal del Jurado

Ing. M.Sc. Stanler Irigoín Vásquez
Asesor

Danglit Neydy Gálvez Jara
Autor

Declaratoria de autenticidad

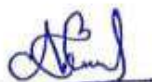
Danglit Neydy Galvez Jara, con DNI N° 76387865, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 2024.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencia de las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo las normas APA actuales
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 16 de mayo del 2025.



Danglit Neydy Galvez Jara
DNI N° 76387865



Ficha de identificación

| | |
|--|---|
| <p>Título: Calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 2024</p> | <p>Área de investigación: Ciencia y tecnología ambiental. Línea de investigación: Hidráulica y saneamiento básico. Sublínea de investigación: Abastecimiento de agua para consumo humano. Grupo de investigación: Hidráulica y Saneamiento Básico, Resolución N° 520-2023-UNSM/CF/FE Moyobamba 30 de noviembre del 2023. Tipo de investigación: Básica <input checked="" type="checkbox"/>, Aplicada <input type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p> |
| <p>Autor: Danglit Neydy Gálvez Jara</p> | <p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria https://orcid.org/0000-0001-8931-410X</p> |
| <p>Asesor: Ing. M.Sc. Stánler Irigoín Vásquez</p> | <p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria Unidad o Laboratorio Ingeniería Sanitaria https://orcid.org/0000-0002-5682-5330</p> |

Dedicatoria

Dedico mi tesis a Dios por darme la fuerza y la sabiduría de esta forma poder obtener este logro tan importante en vida académica. A mis padres, hermana y todas esas personitas quienes han sido mis pilares fundamentales con su apoyo constante e incondicional, que con su ejemplo y motivación me has impulsado para superar cada obstáculo y llegar a la meta.

Agradecimientos

A Dios, al creador de todas las cosas, él que siempre me dio la fuerzas para continuar y hacer realidad este sueño, que a pesar de los obstáculos me mostró que su tiempo siempre será el más perfecto.

A mis queridos padres, en especial a mi madre quien ha sido mi pilar, la que me ha brindado su apoyo, amor y sacrificio, quien fue mi guía a lo largo de este difícil camino para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ella con su ejemplo de lucha y valentía me ha impulsado siempre a cumplir mis metas trazadas me ha enseñado que a pesar de los obstáculos nunca debo rendirme.

A mi hermana, por ser parte de mi inspiración a ser su ejemplo de superación y que los sueños se hacen realidad con mucha perseverancia.

A una persona especial por sus enseñanzas y por hacerme entender que soy auténtica y que tengo la capacidad de alcanzar lo que me proponga en el ámbito profesional y personal.

A mis amigos y demás familiares por ser parte de esta maravillosa etapa, por enseñarme el valor de la amistad mostrándome su apoyo incondicional.

A mi asesor, el Ing. Stánler Irigoín Vásquez y todos mis docentes de la etapa universitaria, por ser parte fundamental de este proceso de aprendizaje y haberme brindado su apoyo profesional, por su tiempo y proporcionarme sus conocimientos.

Índice general

| | |
|---|----|
| Ficha de identificación | 6 |
| Dedicatoria | 7 |
| Agradecimientos..... | 8 |
| Índice general..... | 9 |
| Índice de tablas | 11 |
| Índice de figuras | 12 |
| RESUMEN | 13 |
| ABSTRACT | 14 |
| CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN..... | 15 |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO | 18 |
| 2.1 Antecedentes de la investigación | 18 |
| 2.2 Fundamentos teóricos | 21 |
| CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS | 28 |
| 3.1 Ámbito y condiciones de la investigación..... | 28 |
| 3.1.1 Contexto de la investigación | 28 |
| 3.1.2 Periodo de ejecución | 28 |
| 3.1.3 Autorizaciones y permisos | 28 |
| 3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad..... | 28 |
| 3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales..... | 29 |
| 3.2 Sistema de variables | 29 |
| 3.2.1 Variables principales..... | 29 |
| 3.3 Procedimientos de la investigación..... | 30 |
| 3.3.1 Caracterización de concentraciones de parámetros de calidad de agua de la categoría poblacional y recreacional establecidos para determinar el ICA-PE | 32 |
| 3.3.2 Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, mediante la aplicación del ICA-PE | 34 |
| 3.3.3 Comparación de las concentraciones de parámetros con los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano | 35 |
| 3.3.4 Caracterización de las condiciones sanitarias que ponen en riesgo la calidad del agua en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo..... | 36 |
| CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 37 |
| 4.1 Concentraciones de parámetros de calidad de agua de la categoría poblacional y recreacional establecidos para determinar el ICA-PE..... | 37 |

| | | |
|-----|--|----|
| 4.2 | Calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, mediante la aplicación del ICA-PE | 39 |
| 4.3 | Relación entre las concentraciones de parámetros y los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano..... | 42 |
| 4.4 | Condiciones sanitarias que ponen en riesgo la calidad del agua en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo..... | 45 |
| | CONCLUSIONES..... | 47 |
| | RECOMENDACIONES..... | 48 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 49 |
| | ANEXOS | 54 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Parámetros considerados en la Categoría 1-A2 Poblacional y Recreacional: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional | 25 |
| Tabla 2. Interpretación de la calificación ICA – PE | 27 |
| Tabla 3. Descripción de variables por objetivo específico | 29 |
| Tabla 4. Ubicación de punto de muestreo..... | 32 |
| Tabla 5. ECA-Agua de la categoría 1, subcategoría A1 y LMP de calidad del agua para consumo humano | 34 |
| Tabla 6. Concentraciones de parámetros de calidad de agua establecidos para determinar el ICA-PE..... | 37 |
| Tabla 7. Comparación de parámetros de evaluados con los ECA-Agua de la categoría 1, subcategoría A1 | 40 |
| Tabla 8. Cálculo de factores, excedentes y valor del ICA-PE | 41 |
| Tabla 9. Condiciones sanitarias que ponen en riesgo la calidad del agua en la captación | 45 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Comparación de concentraciones de parámetros de calidad organoléptica con los límites máximos permisibles. (a) pH, (b) Cobre, (c) Hierro, (d) Manganeseo, (e) Zinc. | 42 |
| Figura 2. Comparación de concentraciones de parámetros químicos inorgánicos con los límites máximos permisibles. (a) Arsénico, (b) Cadmio, (c) Cromo, (d) Mercurio, (e) Plomo. | 43 |
| Figura 3. Comparación de concentraciones de parámetros microbiológicos con los límites máximos permisibles. | 44 |

RESUMEN

Calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 2024

Las malas prácticas, condiciones sanitarias del medio y, deficientes sistemas de captación y procesos de tratamiento o cloración de aguas de fuentes superficiales, pueden afectar la calidad del agua para consumo humano en captación y poner en riesgo la salud de la población beneficiaria, en particular de niños y adultos más susceptibles, por este motivo, es imprescindible evaluar la calidad del agua en comunidades rurales, donde la mayoría de sistemas de captación son deficientes y no sostenibles. El estudio buscó Determinar la calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 2024. El proyecto se ejecutó en el centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, distrito de Pinto Recodo, provincia de Lamas desde junio a diciembre de 2024. Se caracterizó las concentraciones de parámetros de calidad del agua pertenecientes a la categoría poblacional y recreacional de los estándares de calidad para agua (ECA-Agua), se recolectaron cuatro muestras durante un periodo de cuatro meses para 13 parámetros, asimismo, se determinó el índice de calidad del agua (ICA-PE) considerando la metodología de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), también se comparó los resultados de laboratorio con los límites máximos permisibles (LMP) del Decreto Supremo N° 031-2010-SA y se caracterizó las condiciones sanitarias que ponen en riesgo la calidad del agua; se utilizó la observación directa como técnica de recolección de información y, la estadística descriptiva para procesar y analizar los datos. Se determinó concentraciones bajas de DBO₅, zinc, plomo, mercurio, manganeso, hierro, cromo, cobre, cadmio y arsénico, mientras que los niveles de coliformes fecales fueron superiores a 33,0 NMP/100 mL; asimismo, se determinó un valor ICA-PE de 94,26 que calificó al agua como excelente, sin embargo, el exceso de los ECA-Agua de la categoría 1, subcategoría A1 por parte de pH y sobre todo de coliformes fecales redujo el máximo valor del índice de calidad en un 5,74; también se reportó que los parámetros químicos inorgánicos y de calidad organoléptico evaluados no excedieron los LMP, a excepción del pH, en cambio, los coliformes fecales superaron ampliamente los límites permitidos; finalmente, se determinó que la inexistencia de un cerco perimétrico, el desarrollo de actividades ganaderas y agrícolas, y un deficiente sistema de captación de agua son las condiciones o factores que contribuyen a reducir la calidad del agua. Se concluye que, si bien el agua resultó de calidad excelente, la presencia de coliformes fecales puede limitar el uso poblacional, siendo necesario considerar medidas de desinfección y tratamiento previo a su consumo.

Palabras clave: Calidad del agua, captación de agua, ECA-Agua, ICA-PE, LMP.

ABSTRACT

Water quality for human consumption in the catchment area of La Libertad del Bajo
Mayo, Lamas, 2024

Bad practices, sanitary conditions of the environment and deficient catchment systems and processes of treatment or chlorination of water from surface sources can affect the quality of water for human consumption in the catchment and put the health of the beneficiary population at risk, particularly the most susceptible children and adults, for this reason, it is essential to evaluate the quality of water in rural communities, where most of the catchment systems are deficient and unsustainable. The study sought to Determine the quality of water for human consumption in the catchment of La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 2024. The project was carried out in the La Libertad del Bajo Mayo population center, Pinto Recodo district, Lamas province, from June to December 2024. The concentrations of water quality parameters belonging to the population and recreational category of the water quality standards (ECA-Water) were characterized, four samples were collected during a period of four months for 13 parameters, the water quality index (ICA-PE) was determined considering the methodology of the National Water Authority (ANA), the laboratory results were also compared with the maximum permissible limits (MPL) of the Supreme Decree No. 031-2010-SA and the sanitary conditions that put water quality at risk were characterized; Direct observation was used as a data collection technique and descriptive statistics were used to process and analyze the data. Low concentrations of BOD₅, zinc, lead, mercury, manganese, iron, chromium, copper, cadmium and arsenic were determined, while fecal coliform levels were higher than 33.0 NMP/100 mL; The AQI-PE value of 94.26 was also determined, which qualified the water as excellent; however, the excess of category 1, subcategory A1 ECA-Water for pH and especially fecal coliforms reduced the maximum value of the quality index by 5.74; It was also reported that the inorganic chemical and organoleptic quality parameters evaluated did not exceed the MPL, with the exception of pH; on the other hand, fecal coliforms greatly exceeded the permitted limits; finally, it was determined that the lack of a perimeter fence, the development of livestock and agricultural activities, and a deficient water catchment system are the conditions or factors that contribute to reducing water quality. It was concluded that, although the water was of excellent quality, the presence of fecal coliforms may limit the population's use, and disinfection and treatment measures must be considered prior to consumption.

Keywords: Water quality, water catchment, ECA-Water, ICA-PE, MPL



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

El agua es el recurso natural más valioso, es primordial para el desarrollo socioeconómico de los seres vivos a nivel mundial y su disponibilidad favorece el consumo humano, el riego, la recreación y la producción de energía eléctrica (Ahmed et al., 2024). De esta forma, se considera a la disponibilidad del agua de calidad como un requisito fundamental para lograr cumplir los derechos humanos y que las poblaciones disfruten de una vida digna (United Nations (UN), 2010).

Las fuentes superficiales son fundamentales para abastecer de agua a las comunidades, por lo que es imprescindible mantener una buena calidad para el uso diario (Anh et al., 2023). No obstante, la calidad del recurso hídrico de consumo humano no es la mejor en muchos países del mundo, sobre todo en naciones en vías de desarrollo, situación que produce un conjunto de enfermedades (Li y Wu, 2019). Además, la calidad de este elemento esencial incrementa la proporción de la población mundial que padece de escasez severa hídrica (Van Vliet et al., 2021). La calidad del agua puede verse modificada por factores naturales como erosión de rocas, evapotranspiración, lixiviación del suelo, deposiciones por el viento y otros, en cambio, factores antropogénicos como la ganadería, agricultura, acuicultura, deforestación, ineficientes prácticas de riego, vertimiento de efluentes industriales y domésticos, y otros más, afectan la calidad hídrica superficial (Khatri y Tyagi, 2015).

En la actualidad alrededor de 1 200 millones de seres humanos se ven en la obligación de ingerir agua sucia (Ahuja, 2021). La “Organización Mundial de la Salud” (OMS) manifiesta que 3 de cada 10 personas (2 100 millones) no acceden al elemento esencial en sus hogares, 2 100 millones de habitantes no cuentan con agua gestionada de forma segura, 263 millones se ven en la necesidad de recorrer 30 minutos a más por viaje para juntar agua en fuentes lejanas y existe 159 millones de personas que hacen consumo de agua no tratada a partir de fuentes superficiales, como lagos o arroyos (OMS, 2017). Una de las enfermedades que más se relaciona con la ingesta de agua contaminada es la diarrea, que puede causar aproximadamente un millón de muertes cada año, además, el agua de mala calidad junto al saneamiento deficiente provoca enfermedades como poliomielitis, disentería, hepatitis A, fiebre tifoidea y el cólera (World Health Organization (WHO), 2023).

En el Perú, también es muy común los problemas de mala calidad de agua que ocasiona principalmente enfermedades diarreicas (Cabezas, 2018). Según el “Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento” (MVCS) la calidad del recurso hídrico que consume la población del país continúa siendo relativamente baja y, entre 2017 y 2020 la masa poblacional que consume agua con niveles adecuados de cloro residual libre aumentó de 36,9 a 40,6 %, tal situación resulta crítica en la zona rural, donde solamente el 2,7 % de la población accede a agua con niveles aceptables de cloro residual libre y en cuanto a las regiones geográficas solo el 2,9 y 1,6 % de la población rural de la sierra y selva, respectivamente, tienen acceso a agua de calidad (MVCS, 2021).

A nivel del Perú, son muchos los informes y estudios que revelan los problemas sobre el estado del agua de uso poblacional. En el departamento de la Libertad, la Defensoría del Pueblo demandó a 68 municipios locales para que tomen acciones que permitan corregir factores que propician agua de mala calidad (Defensoría del Pueblo, 2019). De igual forma, en las comunidades Pachachupan y Acomayo del distrito de Chinchao en Huánuco, se identificaron una serie de problemas como la inexistencia de un sistema de cloración que imposibilita el tratamiento del agua previo a su distribución, poniendo en riesgo a una población mayor a 5 000 habitantes a padecer de problemas gastrointestinales y, pudiendo agravar enfermedades como la anemia y desnutrición (International Ombudsman Intitute, 2019). Suárez (2020) en el distrito José Sabogal, particularmente en el Anexo La Asunción, reportó como no apto al agua para uso humano al exceder los coliformes totales y fecales los LMP, en la misma línea, Barcena y Calderon (2023) reportaron que, en Tambobamba, la microcuenca de Palccaro presentó un nivel malo de calidad del recurso hídrico, limitando así su consumo por la población.

El departamento de San Martín cuenta con una gran oferta hídrica, sin embargo, la contaminación de estas fuentes es uno de los más graves problemas que amenaza el normal abastecimiento de agua a los pobladores y limita los potenciales usos de este importante recurso, además, a nivel departamental el agua de consumo muestra niveles de desinfección relativamente bajos, lo cual produce riesgos a la salud por afectación del agua de consumo y, debido a deficiencias para operar y mantener los sistemas de tratamiento de agua, problema que se agrava en comunidades rurales, donde los tipos de sistema no proporcionan la seguridad de tener agua no contaminada (Autoridad Regional Ambiental (ARA), 2014). Por su parte, la “Dirección Regional de Vivienda, Construcción y Saneamiento” (DRVCS) manifiesta que en el año 2021 la brecha de masa poblacional con disponibilidad de agua sin contaminación fecal y química fue del 80,9 % y en la comunidad rural el 95,1 %, por lo que solo el 4,9 % de pobladores de la zona rural accede a agua de calidad (DRVCS, 2022).

De igual forma, diversos estudios en diferentes lugares del departamento han reportado que la calidad hídrica de uso poblacional no es la más óptima. Por ejemplo, Guerrero (2019) en la ciudad de Lamas reportó que el agua de manantiales no fue apto para ser utilizados por los pobladores, debido a la contaminación microbiológica. Asimismo, Chong (2010) en una comunidad rural del distrito de San Rafael determinó que el agua de consumo presentó una calidad no apta para su uso debido a la presencia de residuos fecales, incrementando año tras año los casos de enfermedades por consumo de agua contaminada.

La localidad de La Libertad del Bajo Mayo, pertenece al distrito de Pinto Recodo y al igual que muchas comunidades rurales, no es ajeno a las enfermedades de origen hídrico que en muchos casos se asocian a una mala calidad del agua de consumo humano. En la comunidad existe una captación manual y mediante tuberías se conduce el agua hacia un reservorio para su posterior distribución sin un previo tratamiento que reduzca la carga contaminante del agua proveniente de una fuente superficial. Esta situación hizo suponer que la calidad de este elemento esencia no es óptima para ser empleado por los pobladores, resultando necesario validar tal suposición mediante el muestreo y análisis del agua por un laboratorio certificado, y la determinación del estado del recurso a través del índice de calidad ICA-PE, así como también se buscó evaluar las condiciones sanitarias que amenazan la calidad de este importante elemento universal.

El problema de estudio fue: ¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 2024? El objetivo general fue: Determinar la calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 2024. Los objetivos específicos fueron: 1ro: Caracterizar las concentraciones de parámetros de calidad de agua de la categoría poblacional y recreacional establecidos para determinar el ICA-PE; 2do: Evaluar la calidad del agua en la captación para consumo humano del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, mediante la aplicación del ICA-PE; 3ro: Comparar las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano en captación con el reglamento de calidad de agua para consumo humano; y, 4to: Caracterizar las condiciones sanitarias que ponen en riesgo la calidad del agua en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo.

El informe de tesis se subdivide en 4 capítulos: introducción a la investigación, marco teórico, materiales y métodos y, resultados y discusión. Además, se dan a conocer las conclusiones y recomendaciones del estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Antecedentes internacionales

Lewoyehu (2021), en el distrito norte de Mecha, región Amhara, Etiopía, evaluó la calidad del agua potable de consumo poblacional. Recolectó 26 muestras en estaciones de muestreo dentro de la comunidad de habitantes durante las temporadas secas del 2020 y analizó características bacteriológicas, fisicoquímicas y las concentraciones de metales traza. Encontró que, parámetros como la turbidez, hierro, amoníaco y pH excedieron los límites de la Norma Etíope Obligatoria, EPA y OMS, además, encontró que, la proporción de muestras de tipo no potable representó el 92,31 %, debido a la existencia de coliformes, esto demostró que las fuentes hídricas no fueron seguras para el uso poblacional a menos que se consideren medidas de tratamiento.

Seben et al. (2021), en el río Grande do Sul, en Brasil, cuantificaron y calificaron contaminantes fisicoquímicos, microbiológicos y ambientales emergentes, como también pesticidas y productos farmacéuticos, que son empleados por la población en distintas condiciones de uso y ocupación del suelo. Determinaron que el agua del manantial donde desarrollaron el estudio resultó no ser potable en base a parámetros microbiológicos, pH y color aparente, la condición ambiental del agua encontrada se debe a que este no cumple con las normativas debido al aporte de coliformes totales encontrados en manantiales del bosque nativo.

Chande y Mayo (2019), en la subcuenca Ngwerere en Lusaka, Zambia, utilizaron usos de tierra inherentes, datos geológicos y analizaron la calidad hídrica de una fuente subterránea. Encontraron que, el mayor número de acuíferos en el área contaron con protección efectiva muy baja de cubierta rocosa y suelo, resultado que fue validado con el análisis microbiológico y fisicoquímico a partir del cual determinaron altos niveles de nitratos, coliformes totales y *E. coli*, donde el nitrato excedió el valor en solo uno de los ocho pozos a diferencia de la polución fecal que se presentó en casi todos los pozos, por otro lado, en cinco de ocho pozos el agua fue de calidad excelente, no obstante, en dos pozos el agua no fue apta para beber sin tratamiento.

A nivel nacional

Ojeda (2023), en el distrito de Carhuamayo en Junín, evaluaron el nivel de asociación entre las condiciones del agua y su calidad. Midieron parámetros como coliformes termotolerantes, DBO₅, sólidos totales disueltos, cloro residual, sulfatos, cloruros, conductividad eléctrica, temperatura y pH en tres puntos de muestreo, comparó los resultados con los ECA-Agua y determinó la calidad del recurso hídrico utilizando el ICA-PE. Encontró que, la DBO₅ excedió los estándares de la categoría 1, A1 de los ECA-Agua, las concentraciones de coliformes termotolerantes superaron los 6,0 NMP/100 mL en las tres estaciones de monitoreo y en el punto de evaluación de la calidad en el 2021 superó los ECA-Agua, asimismo, reportó que entre 2019 a 2021 la calidad del agua pasó de excelente a buena.

Chuquiruna (2022), en el distrito de La Encañada, determinó la calidad hídrica en la captación de seis comunidades rurales. Utilizó el ICA-PE y comparó los resultados de análisis hídrico obtenidos en el año 2017 y 2022. Determinó que solo la fuente de captación de Huacaloma presentó calidad regular y las otras cinco fuentes de captación presentaron calidad excelente, además, no encontró diferencias estadísticamente significativas entre los análisis del año 2017 y 2022.

Quispe et al. (2020), en cinco comunidades rurales de los Andes del Perú, evaluaron las características fisicoquímicas, microbiológicas, parasitológicas y la existencia de metales traza. Encontró como resultados el incumplimiento de parámetros fisicoquímicos del 16,4 % y 23,1 % en los embalses y viviendas, respectivamente, asimismo, determinó que el 14,5 %, 18,8 % y 14,3 % de estaciones de manantial, embalses de agua y hogares no cumplieron con la normativa para parámetros parasitológicos y microbiológicos.

Cisneros (2019), en las ciudades de Coronel Portillo en Ucayali, Quispicanchi en Cusco y Comas en Lima, estudió el estado del recurso hídrico para uso poblacional. En las ciudades de Coronel Portillo y Quispicanchi recolectó 26 muestras, y en Comas recolectó 45 muestras de agua. Encontró que en Comas las características microbiológicas como coliformes, coliformes totales, bacterias heterótrofas y *E. coli* no excedieron los LMP del D.S. N° 031-2010-SA, contradictoria realidad en las dos otras ciudades donde tales parámetros superaron los LMP, asimismo, determinó la existencia de *Pseudomonas aeruginosa* en las tres ciudades, atribuido a la desinfección y limpieza inadecuada de los sistemas de agua y, determinó en Coronel Portillo y Quispicanchi la existencia de larvas de nemátodos. Concluyó que en Comas el agua presentó óptimas condiciones para uso poblacional, probablemente por la distribución en redes de agua,

en cambio en Coronel Portillo y Quispicanchi el abastecimiento se realizaba por fuente superficial y subterránea siendo no apta para el consumo, sobre todo por los parámetros microbiológicos.

Espinoza (2019), en el distrito La Tinguña, específicamente en el sector Chanchajalla, determinó la calidad ambiental hídrica de consumo poblacional. En el pozo IRHS 23 grifo recolectó muestras de agua y analizó características fisicoquímicas como cloruro, sólidos totales disueltos, turbiedad, pH, conductividad, dureza, sulfato, nitritos y nitratos, y características microbiológicas como coliformes totales y fecales, con tales resultados estimó la calidad mediante el ICA-PE y, comparó los resultados con los ECA-Agua y los LMP. Entre sus resultados reportó un valor ICA-PE de 33,33 que calificó al agua de calidad mala y como no apta para uso poblacional, asimismo, encontró que los nitritos, sulfato y, coliformes totales y fecales no cumplieron los ECA-Agua y los LMP.

A nivel regional

Sanchez (2022), en el distrito de Morales, específicamente en la asociación de viviendas del Dubai, evaluó las concentraciones microbiológicas del agua subterránea usado en el ámbito doméstico. Recolectó dos muestras, la primera en diciembre y la segunda en enero, para analizar *Escherichia coli*, coliformes termotolerantes y totales. Encontró que la carga microbiológica determinada en diciembre superó a la de enero, siendo las concentraciones en diciembre: 4 500,0, 7 800,0 y 70 000,0 NMP/100 ml para *E. coli*, coliformes termotolerantes y totales, respectivamente y, en enero las concentraciones fueron: 140,0, 790,0 y 1 100,0 NMP/100 ml para *E. coli*, coliformes termotolerantes y totales. Concluyó que, los parámetros en estudio no cumplieron los LMPs de parámetros microbiológicos y parasitológicos, siendo el saneamiento deficiente uno de los principales factores externos que condicionaron el estado óptimo del recurso hídrico de uso poblacional.

Guerrero (2019), en la ciudad de Lamas, departamento de San Martín, evaluó la calidad hídrica de tres manantiales empleados por la población para consumo. Encontró que en el barrio Quilloalpa, los coliformes termotolerantes y totales del manantial Sachachorro excedieron los ECA-Agua. Concluyó que la calidad ambiental del recurso hídrico del manantial en estudio no fue apto microbiológicamente para uso poblacional, resultando apto de forma parasitológica al igual que en las fuentes manantiales Rifari y la Banda, donde además resultaron óptimas las características microbiológicas, fisicoquímicas e inorgánicas.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. El agua

Es un recurso primordial para sobrevivir. Se cataloga como uno de los principios más básicos para la vida, en otras palabras, es un elemento que configura condiciones pertinentes para que los seres vivos puedan existir. El agua garantiza la subsistencia de especies vegetales y animales, favorece el adecuado funcionamiento de procesos biológicos de los ecosistemas, regula el clima y otras funciones más (Castillo et al., 2023).

El agua se considera un elemento importante para la vida con ciertas características derivadas de la estructura y composición. Se conoce como una molécula conformada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, tiene conexiones polares que favorecen el establecimiento de puentes de hidrógeno entre compuestos colindantes. Los seres humanos tienen necesidad de agua para desarrollar un conjunto de funciones vitales, para cocinar y preparar alimentos, para usos domésticos e higiene, para la industria, para regar campos, es decir, para vivir (Carbajal y González, 2012).

a. Calidad del agua

Se considera al estado del recurso hídrico como aquella medida adecuada para ser empleado particularmente de acuerdo a características biológicas y fisicoquímicas. Para encontrar la calidad, los expertos analizan y miden sus propiedades, como temperatura, minerales disueltos, bacterias, etc., luego comparan los resultados con estándares numéricos y con pautas a fin de tomar la decisión de si el agua es o no pertinente para su utilización particular (Science for a Changing World, 2001).

No es fácil conceptualizar lo que representa la calidad del agua, porque este elemento esencial en su estado natural sin intervención humana, tiene características biológicas y fisicoquímicas muy diferentes de acuerdo a su origen, mientras que, en las aguas continentales, los acuíferos o cauces denotan características propias al agua que se deriva de condiciones hidrológicas, climáticas, geológicas., además, es de resaltar que el agua transporta sustancias que modifican sus parámetros iniciales. Por tal motivo, se dice que el agua natural presenta diversas calidades, cuyos límites establecidos están en función a la actividad o uso destinado del agua (agua de baño, riego, consumo humano, etc.) (Pradana y Gallego, 2019).

b. Agua de consumo humano

Se considera al agua en condiciones óptimas para el consumo humano cuando es limpia y salubre, sin presencia de parásitos, microorganismos o sustancias en concentraciones

o cantidades que representen un peligro para la salud de los seres humanos (Pradana y Gallego, 2019).

La calidad del agua potable se encuentra definida por normativas muy rigurosas aprobados a nivel internacional, se establecen por ejemplo grados de aceptación organoléptico cuando existe salinización de las aguas de pozos, los niveles de cloruro de sodio se indican como máximo aceptable, recomendable, permisible o tolerable (Mata y Quevedo, 2005).

Un suministro sostenible, seguro, eficiente, equitativo y universal del agua con fines de uso humano es crucial porque garantiza condiciones sanitarias básicas para las poblaciones y facilita ejecutar otras actividades importantes, asegurando de esta forma una adecuada seguridad nutricional y alimentaria (Añaños y Roel, 2024).

c. Enfermedades relacionadas con el agua

Son aquellas generadas por sustancias químicas y microorganismos que se encuentran contenidos en el agua potabilizada. La malaria, cuyos vectores se asocian con el recurso hídrico (mosquito Anopheles). La esquistosomiasis, una enfermedad que es generada por un parásito cuyo ciclo de vida es parte del agua. Enfermedades como la legionelosis que se transmite por aerosoles que se encuentran en tales microorganismos (legionellas) (ICB Editores, 2017).

El agua puede transmitir enfermedades a través de cuatro mecanismos. a) Por ingesta de agua: cuando se ingiere y presenta sustancias químicas tóxicas (pesticidas, metales pesados, etc.) o microorganismos patógenos (protozoarios, bacterias, virus y otros). b) Por contacto con el agua: mediante la piel, garganta, nariz u oídos, al bañarse o nadar en aguas alteradas por organismos patógenos. c) Higiene y el agua: la gravedad, prevalencia o incidencia de estas enfermedades se puede reducir empleando de forma regular agua en calidad y cantidad suficiente para mejorar la higiene personal y el entorno. d) Por vectores acuáticos: organismos que en su fase de vida son dependientes de vectores animales que viven una parte o toda su vida en hábitats acuáticos (Mora, 2009).

Se estima que entre 5 y 10 millones de seres humanos fallecen anualmente por enfermedades generadas por casos de enfermedades asociadas con el agua. El 80 % de enfermedades a nivel mundial en países en vías de desarrollo se asocia con el agua. Esto representa a una crisis de cantidades de epidemias y las amenazas hacia la seguridad de los seres humanos se manifiesta (United Nations Environment Programme, 2008).

d. Actividades antrópicas que afectan el estado de la calidad hídrica

Actividades como minería, agricultura, desarrollo industrial y urbano, deterioro de cauces, quema de combustibles fósiles, operación de alimentación de animales, entre otras prácticas humanas pueden generar un cambio en la calidad de las aguas naturales, algunos ejemplos son los fertilizantes de fósforo y nitrógeno aplicados al césped y cultivos, nutrientes que para las plantas pueden ser disueltos de manera fácil en el agua de las lluvias o también en la escorrentía de deshielo, cuyo exceso de nutrientes que son transferidos a lagos y arroyos, producen algas que conlleva a niveles bajos de oxígeno y la posibilidad de muertes de organismos como peces (Science for a Changing World, 2001).

e. Procesos naturales que afectan el estado de la calidad hídrica

El estado natural del agua difiere entre uno y otro lugar de acuerdo al tipo de rocas, climas y suelos por donde discurre el recurso. En el caso del agua de lluvia, este se moviliza en la tierra a través del suelo, pudiendo disolver compuestos mineralizados presentes en suelos y rocas, para filtrarse mediante el material orgánico como hojas y raíces, para posteriormente reaccionar con las bacterias, algas, además de otros organismos microscópicos. Asimismo, el agua puede también transportar residuos de arcillas, limo, arena y plantas, pudiendo convertir al agua en turbia. Por otro lado, cuando las aguas de arroyos y lagos se evaporan, existe una mayor concentración de los minerales disueltos en el agua que queda, cuyos elementos minerales generan cambios en la naturaleza del agua y en el uso de este recurso de una forma potencial (Science for a Changing World, 2001).

f. Formas de contaminación del agua

Diversos agentes contaminantes generan impactos de carácter significativo en las características del recurso hídrico, habitualmente resultan difíciles de definir y cuantificar, por lo cual los diversos programas de control no los toman en consideración de manera adecuada. Existe dos tipos de contaminación del agua que son (Organización Panamericana de la Salud, 2009):

Formas puntuales

Descargas en puntos determinados, por ejemplo, descargas de industrias, desagües, entre otros, siendo los desagües de origen doméstico los que presentan grandes cantidades de contaminantes que pueden ocasionar perjuicios al ambiente, por lo que es necesario realizar su tratamiento para su posterior disposición final (p. 72).

Formas no puntuales

Este tipo de contaminación se encuentra relacionado al agua pluvial, percolación, deshielo, entre otros. Cuando cae la lluvia, transporta los contaminantes de origen natural o aquellos que son producidos por el hombre (p. 72).

2.2.2. Índice de calidad del agua (ICA)

Se puede establecer como un número adimensional, que es el resultado de la mezcla o de la función de datos o información analítica de una muestra, los cuales muestren la calidad en orden a su posterior uso, posibilitando con ello la comparación con lo obtenido de otras muestras. De acuerdo a la EPA, hay cuatro grupos distintos sobre índices o valores de calidad, estos son: para estudios específicos, según los usos, para planificación e índices generales de calidad (Sainz, 2005).

El ICA representa un mecanismo que posibilita la identificación en un cuerpo subterráneo o superficial la calidad del agua, generalmente durante un tiempo estimado (Yogendra y Puttaiah, 2008).

Cárdenas (2022), refiere que la implementación de índices para estimar el estado de la calidad hídrica proporciona ventajas como también desventajas, cuyos pasos a seguir para fijar un índice de calidad del agua son los siguientes: i) definir el propósito de la calidad, ii) seleccionar los indicadores a considerarse para los fines y propósitos de la calidad, iii) ponderar aquellas características seleccionadas y, iv) asociar magnitudes de calidad con rangos de niveles para cada uno de los parámetros seleccionados.

2.2.3. Índice de calidad del agua (ICA-PE)

El ICA - PE es un instrumento que tiene como finalidad principal valorar simplificadaamente la calidad hídrica, este índice permite comprender mejor la gestión de la calidad hídrica (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2018).

a. Parámetros de evaluación en el ICA-PE

De acuerdo al análisis de información y /o datos de monitoreos de calidad de cuerpos superficiales desarrollados por la ANA, se seleccionaron parámetros repetitivos en relación al “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” y la probable afectación al recurso y riesgos para el ambiente y la salud; además, toma en consideración la asignación de la categoría del cuerpo hídrico, alineándose a la “Clasificación de Cuerpos de Agua Corrientes Superficiales” y “Estándares de Calidad Ambiental para Agua” en referencia a la categoría 1-A2

Poblacional y Recreacional: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Los parámetros son los siguientes (ANA, 2018):

Tabla 1

Parámetros considerados en la Categoría 1-A2 Poblacional y Recreacional: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

| Nº | Parámetro | Unidad |
|----|---|------------|
| 01 | Cobre | mg/L |
| 02 | Cadmio | mg/L |
| 03 | Arsénico | mg/L |
| 04 | Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) | mg/L |
| 05 | Oxígeno disuelto (valor mínimo) | mg/L |
| 06 | Mercurio | mg/L |
| 07 | Plomo | mg/L |
| 08 | Manganeso | mg/L |
| 09 | Hierro | mg/L |
| 10 | Cromo total | mg/L |
| 11 | Zinc | mg/L |
| 12 | pH | Unid de pH |
| 13 | Coliformes termotolerantes (44.5 °C) | NMP/100 ml |

Nota. Tomado de ANA (2018)

b. Cálculo del índice de calidad de agua (ICA PE)

La determinación del índice de calidad de agua implica hacer uso de la fórmula canadiense, la misma que toma en consideración tres factores que son el alcance, la frecuencia y la amplitud, lo que da como resultado a través de un cálculo matemático valores entre 0 y 100, lo que representa e indica el estado o situación de la calidad del agua de un determinado punto de muestreo (ANA, 2018).

F1-Alcance

La ANA (2018) menciona que el alcance “representa la cantidad de parámetros de calidad que no cumplen los valores establecidos en la normativa, Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) vigente, respecto al total de parámetros a evaluar” (p. 34).

$$F_1 = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA-Agua}}{\text{Número total de parámetros a evaluar}} \quad (1)$$

F2-Frecuencia

La ANA (2018) menciona que la frecuencia “representa la cantidad de datos que no cumplen la normativa ambiental (ECA- Agua) respecto al total de datos de los parámetros a evaluar (datos que corresponden a los resultados de un mínimo de 4 monitoreos)” (p. 34).

$$F_2 = \frac{\text{Número de los parámetros que NO cumplen el ECA-Agua de los datos evaluados}}{\text{Número total de datos evaluados}}$$

Donde:

Datos = Resultados de los monitoreos

F3-Amplitud

La ANA (2018) menciona que la amplitud “es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la suma normalizada de excedentes, es decir los excesos de todos los datos respecto al número total de datos” (p. 34).

$$F_3 = \frac{\text{Suma normalizada de excedentes}}{\text{Suma normalizada de excedentes} + 1} * 100 \quad (3)$$

En donde, la Suma Normaliza de Excedentes (nse)

$$\text{nse} = \text{Suma Normaliza de Excedentes} = \frac{\sum_{i=1} \text{Excedente}_i}{\text{Total de Datos}} \quad (4)$$

EXCEDENTE, se da para cada parámetro, siendo el valor que representa la diferencia del valor ECA y el valor del dato respecto al valor del ECA – Agua (ANA, 2018, p. 35).

Caso 1: Cuando el valor de concentración del parámetro supere al valor establecido en el ECA – Agua, el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera (ANA, 2018, p. 35).

$$\text{Excedente}_i = \frac{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA-Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en ECA-Agua}} - 1 \quad (5)$$

Caso 2: Cuando el valor de concentración del parámetro es menor al valor establecido en el ECA - Agua, incumpliendo la condición señalada en el mismo, como ejemplo: el Oxígeno Disuelto (> 4), pH (> 6,5 o < 8,5), el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera (ANA, 2018, p. 35):

$$\text{Excedente}_i = \frac{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA-Agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA-Agua}} - 1 \quad (6)$$

Obtenido los valores de los factores F_1 , F_2 y F_3 se pasa a desarrollar el cálculo del índice de calidad de agua, el cual es la diferencia de 100 y la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de los tres factores, valor que es presentado en un rango de 0 como valor de ICA de pésima calidad y 100 como un ICA excelente, expresado a través de siguiente ecuación (ANA, 2018, p. 35):

(7)

$$ICA-PE=100-\sqrt{\frac{F_1^2+F_2^2+F_3^2}{3}}$$

Tabla 2*Interpretación de la calificación ICA – PE*

| ICA – PE | Calificación | Interpretación |
|----------|--------------|--|
| 90 – 100 | Excelente | Agua protegida sin daños o amenazas. Condiciones próximas al estado deseado o natural. |
| 75 – 89 | Bueno | Estado del recurso que se aparta un poco de la condición natural. No obstante, los niveles deseados pueden contener algunos daños o amenazas de escasa magnitud. |
| 45 – 74 | Regular | La condición natural del recurso hídrico es dañada o amenazada ocasionalmente y se aparta de niveles deseables. Para muchos usos es necesario realizar tratamientos. |
| 30 – 44 | Malo | Las condiciones del agua no cumplen con los fines de la calidad, usualmente los niveles deseados se encuentran dañados o amenazados. Los diversos usos requieren de tratamientos. |
| 0 – 29 | Pésimo | Las condiciones del estado hídrico no cumplen con los fines de calidad, casi siempre se encuentran los niveles dañados o amenazados. La totalidad de usos requieren de tratamientos. |

Nota. Tomado de ANA (2018)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1. Contexto de la investigación

a. Ubicación política

- Centro poblado : La Libertad del Bajo Mayo.
- Distrito : Pinto Recodo.
- Provincia : Lamas.
- Departamento : San Martín.

b. Ubicación geográfica

El centro poblado La Libertad del Bajo Mayo colinda por el norte y sur con las localidades de Nuevo Queramarca y Nueva Alianza, respectivamente, por el oeste y este con Jerillo y Ramon Castilla, respectivamente. Se localiza a una altitud aproximada de 755 m.s.n.m., en las coordenadas UTM WGS84, zona 18S: 296628 m E, 9324447 m S. La captación de agua de consumo humano de la localidad en estudio se ubica por el centro poblado Vista Alegre a una altitud de 995 m.s.n.m., en las coordenadas UTM WGS84, zona 18S: 296650 m E, 9327196 m S. (ver Anexo 1).

3.1.2. Periodo de ejecución

El periodo de ejecución del presente estudio fue de 6 meses contados desde el 28 – 06 – 2024 al 27 – 12 – 2024.

3.1.3. Autorizaciones y permisos

Se solicitó a la “Junta Administradora de Servicios de Saneamiento” (JASS) el permiso correspondiente para el normal acceso a la toma de muestra de agua en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo (ver Anexo 2).

3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad

Medidas de control ambiental: uso de bolsas plásticas para recolectar temporalmente los residuos sólidos y no arrojarlos directamente al suelo, evitar el contacto de sustancias químicas con el agua y consideración de indicaciones establecidas en el

protocolo nacional de monitoreo del agua según la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA (2016).

Medidas de bioseguridad: uso de equipos de protección personal (EPP) para la toma de muestras y, consideración de indicaciones del laboratorio para uso de preservantes y recolección de muestras de agua.

3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales

Los investigadores refieren que la ejecución del proyecto respetó una serie de principios éticos de investigación, destacando el respeto a las personas y ecosistema, justicia, integridad, beneficencia, además de principios como la transparencia y confidencialidad.

3.2. Sistema de variables

3.2.1 Variables principales

- Variable de estudio : Calidad del agua para consumo humano.

Tabla 3

Descripción de variables por objetivo específico

| Objetivo específico Nº 1: Caracterizar las concentraciones de parámetros de calidad de agua de la categoría poblacional y recreacional establecidos para determinar el ICA-PE. | | | |
|---|--|------------------------------------|---|
| Variable abstracta | Variable concreta | Medio de registro | Unidad de medida |
| Calidad de agua de la categoría poblacional y recreacional | - DBO ₅ | | - mg/L |
| | - Oxígeno disuelto | - Muestras de agua recolectadas en | - mg/L |
| | - pH | frascos de plástico y | - Unid de pH |
| | - Zinc | winkler. | - mg/L |
| | - Plomo | - Cadena de custodia | - mg/L |
| | - Mercurio | para registro de | - mg/L |
| | - Manganeso | datos del muestreo. | - mg/L |
| | - Hierro | - Informes de ensayo | - mg/L |
| | - Cromo | del laboratorio. | - mg/L |
| | - Cobre | - Registro | - mg/L |
| | - Cadmio | fotográfico. | - mg/L |
| | - Coliformes fecales | | - NMP/100 ml |
| Objetivo específico Nº 2: Evaluar la calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, mediante la aplicación del ICA-PE | | | |
| Agua para consumo humano | Índice de calidad del agua para consumo humano | - Tablas de cálculo del ICA-PE. | - Excelente (90 – 100) - Bueno (75 – 89) - Regular (45 – 74) - Malo (30 – 44) - Pésimo (0 – 29) |
| Objetivo específico Nº 3: Comparar las concentraciones de parámetros con los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano. | | | |

| | | | |
|---|--|------------------------------------|--|
| Comparación de parámetros | - pH | - Muestras de agua recolectadas en | - Unid de pH |
| | - Zinc | frascos de plástico y | - mg/L |
| | - Plomo | winkler. | - mg/L |
| | - Mercurio | - Cadena de | - mg/L |
| | - Manganeseo | custodia para | - mg/L |
| | - Hierro | registro de datos del | - mg/L |
| | - Cromo | muestreo. | - mg/L |
| | - Cobre | - Informes de | - mg/L |
| | - Cadmio | ensayo del | - mg/L |
| | - Arsénico | laboratorio. | - mg/L |
| - Coliformes fecales | - Registro fotográfico. | - NMP/100 ml | |
| Objetivo específico № 4: Caracterizar las condiciones sanitarias que ponen en riesgo la calidad del agua en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo. | | | |
| Condiciones sanitarias | - Estado del cerco perimétrico. | | - Buen estado, mal estado o no tiene. |
| | - Material de construcción de la captación. | - Conteo directo en campo mediante | - Concreto o artesanal. |
| | - Peligros en la captación. | ficha de recolección de datos. | - No presenta, huayco, crecidas o avenidas, hundimiento, inundaciones, deslizamientos, desprendimiento de tocas o árboles, contaminación de la fuente. |
| | - Estado de la infraestructura de captación. | | - Bueno, regular o malo. |

3.3. Procedimientos de la investigación

Tipo de investigación

Básica: porque se midió características de calidad del recurso hídrico pertenecientes a la categoría poblacional y recreacional en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo. Sánchez y Reyes (2006) sustentan que la investigación básica tiene como finalidad buscar nuevos campos y conocimientos sin la necesidad de establecer la práctica de forma particular e inmediata.

Nivel de investigación

Descriptivo: porque se describió las características de calidad del recurso hídrico de la categoría poblacional y recreacional, se estimó el ICA-PE luego de comparar los resultados con los ECA-Agua, también se comparó los parámetros evaluados con los LMP y se describió las condiciones sanitarias que ponen en peligro la condición natural

del recurso. Sánchez y Reyes (2006) sustentan que el estudio descriptivo caracteriza fenómenos o hechos para establecer estructuras o comportamientos.

Población

Estuvo representado por el caudal de agua en la captación del centro poblado en estudio, valor que según la JASS es de 2,0 L/s.

Asimismo, se consideró como población al área de influencia directa de 20 m a la redonda de la captación, donde se identificó las condiciones sanitarias que ponen en peligro la calidad del agua de consumo humano.

Muestra

La muestra estuvo conformada por: a) Caudal de 2,0 L/s, b) Área de influencia de 20 m a la redonda de la captación; y, c) Volumen de 7,4 L de agua recolectada para el análisis en laboratorio, para ello se consideró el total de muestreos ($n = 4$) y el volumen de los cuatro frascos utilizados para recolectar las muestras ($DBO_5 = 1$ L, $pH = 0,1$ L, metales totales = 0,2 L, coliformes fecales = 0,25 L y oxígeno disuelto = 0,3 L).

El tipo de muestreo utilizado fue no probabilístico “por conveniencia”. Hernández (2021) manifiesta que en este tipo de muestreo “La muestra se elige de acuerdo con la conveniencia del investigador, le permite elegir de manera arbitraria cuántos participantes puede haber en el estudio” (p. 2).

Diseño

a) Diseño experimental o muestral

No experimental de tipo descriptivo. Hernández et al. (2014) refieren que este tipo de diseño permite obtener datos en campo y describir los sucesos o eventos presentados en un tiempo y espacio único.

$M - - - - - > O$

Donde:

M: Muestra obtenida (Muestra de agua para consumo humano en la captación).

O: Calidad del agua para consumo humano.

b) Representación de la información

La información obtenida se representa en tablas y figuras elaboradas con el programa Excel.

c) Análisis estadístico

Se desarrolló la estadística descriptiva para procesar y analizar los resultados obtenidos de laboratorio, para comparar los parámetros evaluados con los ECA-Agua, LMP y para determinar el valor del ICA-PE. Se utilizó el programa Excel.

3.3.1. Caracterización de concentraciones de parámetros de calidad de agua de la categoría poblacional y recreacional establecidos para determinar el ICA-PE

a. Actividades y tareas

- Identificación de punto de muestreo en la captación.
- Muestreo y análisis de parámetros de calidad de agua de la categoría poblacional y recreacional.
- Procesamiento y análisis de datos.

b. Descripción de los procedimientos

Identificación de punto de muestreo en la captación

- En compañía del presidente de la JASS, se realizó la identificación de la captación del agua de consumo humano del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo. Asimismo, se definió el punto de muestreo de donde se recolectó las muestras de agua (Tabla 4) y se delimitó un área de influencia de 20 m a la redonda de la captación, donde se evaluaron las condiciones sanitarias que ponen en riesgo la calidad del agua en el área de estudio.

Tabla 4

Ubicación de punto de muestreo

| Nº de punto de muestreo | Descripción | Coordenadas UTM | |
|-------------------------|--|-----------------|-----------|
| | | Este (X) | Norte (Y) |
| 1 | Captación de agua del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo | 296650 | 9327196 |

Muestreo y análisis de parámetros de calidad de agua de la categoría poblacional y recreacional

- Se consideró el muestreo de un total de 13 parámetros: DBO₅, oxígeno disuelto, pH, zinc, plomo, mercurio, manganeso, hierro, cromo, cobre, cadmio, arsénico y coliformes fecales (Tabla 1), tomando en cuenta que según la ANA (2018) son los parámetros más recurrentes de evaluación para determinar el ICA-PE en referencia a la "Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de

agua continentales superficiales”, como también por la probabilidad de alterar el agua y, por los riesgos que pueden generar para el ambiente y la salud.

- Se realizó un total de cuatro muestreos durante un periodo de cuatro meses, es decir, un muestreo mensual. La primera toma de muestra se realizó el 14-07-2024, la segunda muestra el 21-08-2024, el tercer muestreo el 13-09-2024 y la última muestra de agua se recolectó el 10-10-2024. Las muestras se recolectaron en frascos de plástico de 1 L para DBO₅, 100 mL para pH, 200 mL para metales totales y 250 mL para coliformes fecales, para las muestras de oxígeno disuelto se utilizó frascos winkler de 300 mL.

- Para realizar el muestreo se consideró el protocolo de monitoreo de aguas superficiales aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA (2016) y requisitos mínimos indicados en la guía de muestreo del laboratorio:

1. Se definió la estación de muestreo y se abrió los frascos para enjuagarlos como mínimo dos veces, a excepción del frasco utilizado para la toma de muestra de bacterias coliformes. Durante este procedimiento se evitó contactar con la parte interna de los frascos.

2. Se agarraron los frascos por debajo del cuello y fueron sumergidos para recolectar las muestras de agua. Para la DBO₅ se llenó el frasco en su totalidad sin dejar burbujas de aire. A las muestras de metales totales se añadió 10 gotas de HNO₃. Además, se evitó juntar películas de la superficie, suciedad y sedimentos presentes en la fuente.

3. Se rotularon los frascos con muestras de agua, se redactó la cadena de custodia y se procedió a colocar cada frasco en un cooler para su traslado al terminal y posterior envío al laboratorio.

- El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L. (ALAB), cuyo personal recibió el material un día después de la toma de muestras. De acuerdo al reporte del laboratorio, el análisis de la primera muestra se realizó entre el 15-07-2024 al 01-08-2024, la segunda muestra entre el 22-08-2024 al 02-09-2024, la tercera muestra entre el 14-09-2024 al 24-09-2024 y la última muestra fue analizada entre el 11-10-2024 al 21-10-2024. En el Anexo 5 (p. 61) se presentan los métodos de análisis para la DBO₅, metales totales, coliformes fecales, oxígeno disuelto y pH utilizados por el laboratorio, los primeros tres parámetros mencionados se encuentran acreditados por el INACAL.

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Desarrollo de estadística descriptiva con el programa Excel para procesar y analizar los resultados provistos por el laboratorio.

3.3.2. Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, mediante la aplicación del ICA-PE

a. Actividades y tareas

- Comparación de los parámetros con los ECA-Agua, categoría 1, subcategoría A1.
- Determinación del índice de calidad del agua (ICA-PE).
- Procesamiento y análisis datos.

b. Descripción de los procedimientos

Comparación de los parámetros con los ECA-Agua, categoría 1, subcategoría A1

- Se sistematizaron los datos de acuerdo a cada muestreo y parámetro evaluado, luego se procedió a comparar los resultados con los ECA-Agua de la categoría 1: Poblacional y recreacional, subcategoría A1: Aguas que se pueden potabilizar con desinfección (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, 2017). Los estándares de cada parámetro estudiado se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5

ECA-Agua de la categoría 1, subcategoría A1 y LMP de calidad del agua para consumo humano

| Parámetros | Unidad | ECA Cat. 1-A1* | LMP** |
|--------------------|--------------|----------------|-----------|
| DBO ₅ | mg/L | 3,0 | - |
| Oxígeno disuelto | mg DO/L | ≥ 6,0 | - |
| pH | Unidad de pH | 6,5 - 8,5 | 6,5 a 8,5 |
| Zinc | mg/L | 3,0 | 3,0 |
| Plomo | mg/L | 0,01 | 0,01 |
| Mercurio | mg/L | 0,001 | 0,001 |
| Manganeso | mg/L | 0,4 | 0,4 |
| Hierro | mg/L | 0,3 | 0,3 |
| Cromo | mg/L | 0,05 | 0,05 |
| Cobre | mg/L | 2,0 | 2,0 |
| Cadmio | mg/L | 0,003 | 0,003 |
| Arsénico | mg/L | 0,01 | 0,01 |
| Coliformes fecales | NMP/100 mL | 20,0 | < 1,8 |

Nota. Tomado y adaptado del *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (2017) y del **Decreto Supremo N° 031-2010-SA (2010)

Determinación del índice de calidad del agua (ICA-PE)

- Con los resultados de laboratorio se procedió a determinar el ICA-PE tomando en cuenta la metodología de la ANA (2018). Considerando 13 parámetros evaluados y un total de 52 datos o resultados de análisis de laboratorio, se procedió a calcular tres factores necesarios para calcular el valor ICA-PE, de la siguiente manera:

a. Alcance (F1): se utilizó la ecuación 1, que permitió relacionar el número de parámetros que no cumplieron los ECA-Agua con el número total de parámetros evaluados ($n = 13$).

b. Frecuencia (F2): mediante la ecuación 2, estableciendo la relación entre la cantidad de datos que no cumplieron los ECA-Agua con el número total de datos evaluados ($n = 52$).

c. Amplitud (F3) a partir de la relación entre los valores de la suma normalizada de excedentes (nse) (ecuación 3), cuya estimación se desarrolló encontrando la relación entre la suma de todos los excedentes y el total de datos (ecuación 4). Para determinar los excedentes del pH se dividió el valor del ECA-Agua (6,5 pH) entre el valor reportado por el laboratorio (ecuación 6) y para estimar los excedentes de coliformes fecales, se dividió el valor reportado por el laboratorio entre el valor del ECA-Agua (20,0 mg/L) (ecuación 5).

- Con los valores estimados para los factores F1, F2 y F3 se procedió a determinar el ICA-PE utilizando la ecuación 7 (ANA, 2018). El valor final obtenido, permitió calificar al agua como excelente (90 – 100), bueno (75 – 89), regular (45 – 74), malo (30 – 44) o pésimo (0 – 29) (Tabla 2).

$$\text{ICA-PE} = 100 - \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \quad (7)$$

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Desarrollo de estadística descriptiva con el programa Excel para comparar los resultados con los ECA-Agua y para determinar el ICA-PE.

3.3.3. Comparación de las concentraciones de parámetros con los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano

a. Actividades y tareas

- Comparación de los parámetros con los LMP del D.S. N° 031-2010-SA.

- Procesamiento y análisis de datos.

b. Descripción de los procedimientos

Comparación de los parámetros con los LMP del D.S. N° 031-2010-SA

- Se desarrolló esta actividad con la finalidad de contrastar si las concentraciones de los parámetros estudiados en la captación de agua para consumo humano del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo cumplen los LMP del “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano” (Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010). En la Tabla 5 se presenta los LMP para cada parámetro evaluado.

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Desarrollo de estadística descriptiva con el programa Excel para elaborar figuras y comparar los resultados de los parámetros evaluados con los LMP.

3.3.4. Caracterización de las condiciones sanitarias que ponen en riesgo la calidad del agua en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo

a. Actividades y tareas

- Identificación de condiciones sanitarias que ponen en riesgo la calidad del agua.
- Procesamiento y análisis de datos.

b. Descripción de los procedimientos

Identificación de condiciones sanitarias que ponen en riesgo la calidad del agua

- Se desarrolló esta actividad en el área de influencia directa de la captación (20 m a la redonda). Se aplicó la técnica de la observación directa con una ficha de recolección de datos (ver Anexo 3) para la recolección de información, este instrumento fue realizado considerando indicaciones de CARE Perú Cajamarca Regional et al. (2010). Se evaluaron indicadores como estado del cerco perimétrico, material de construcción, peligros y estado de la infraestructura de la captación

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Desarrollo de estadística descriptiva con el programa Excel para elaborar tablas a partir de la información recolectada en campo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Concentraciones de parámetros de calidad de agua de la categoría poblacional y recreacional establecidos para determinar el ICA-PE

En la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo se muestreó y analizó 13 parámetros de la categoría poblacional y recreacional de los ECA-Agua, estos parámetros son los más recurrentes para estimar el ICA-PE. Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 6

Concentraciones de parámetros de calidad de agua establecidos para determinar el ICA-PE

| Parámetros | Unidad | Muestreo | | | | Promedio |
|--------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | Jul-24 | Ago-24 | Set-24 | Oct-24 | |
| DBO ₅ | mg/L | < 2,0 | 2,7 | 2,3 | < 2,0 | 2,3 |
| Oxígeno disuelto | mg DO/L | 7,31 | 7,81 | 7,35 | 7,33 | 7,45 |
| pH | Unidad de pH | 6,33 | 6,85 | 6,56 | 6,45 | 6,55 |
| Zinc | mg/L | 0,0022 | 0,0296 | 0,0138 | 0,0173 | 0,0157 |
| Plomo | mg/L | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| Mercurio | mg/L | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| Manganeso | mg/L | < 0,00005 | < 0,00005 | < 0,00005 | < 0,00005 | < 0,00005 |
| Hierro | mg/L | 0,2238 | 0,2091 | 0,2156 | 0,2120 | 0,2151 |
| Cromo | mg/L | < 0,0003 | < 0,0003 | < 0,0003 | < 0,0003 | < 0,0003 |
| Cobre | mg/L | 0,0023 | < 0,0002 | 0,002 | 0,0021 | 0,0017 |
| Cadmio | mg/L | < 0,0002 | < 0,0002 | < 0,0002 | < 0,0002 | < 0,0002 |
| Arsénico | mg/L | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,001 |
| Coliformes fecales | NMP/100 mL | 33,0 | 79,0 | 45,0 | 37,0 | 48,5 |

Nota. Símbolo "<" indica concentraciones menores al límite de cuantificación del método (LCM) de análisis utilizado por el laboratorio.

En la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, se encontró concentraciones mínimas de DBO₅ con valores que fluctuaron entre 2,7 mg/L en agosto y, < 2,0 mg/L en julio y octubre, registrando un promedio de 2,3 mg/L.

Los niveles de oxígeno disuelto superaron los 7,0 mg/L en todos los registros, siendo mayor en agosto (7,81 mg/L) y menor en julio (7,31 mg/L), con una media de 7,45 mg/L.

Los niveles de pH resultaron inferiores al valor neutro en todos los muestreos, con un valor mínimo de 6,33 pH en julio y un máximo de 6,85 pH en agosto, la media estimada fue 6,55 pH.

Se registraron concentraciones de zinc que fluctuaron entre 0,0022 mg/L en julio y 0,0296 mg/L en agosto, reportando una media de 0,0157 mg/L.

Los niveles de plomo fueron menores al LCM en los cuatro muestreos, lo que indica una baja presencia de este metal en el agua de la captación.

Referente a los niveles de mercurio también se mantuvieron por debajo del LCM, lo que señala concentraciones bajas y no preocupantes de este parámetro.

Los niveles de manganeso también se mantuvieron por debajo del LCM en todos los muestreos, señalando concentraciones bajas de este elemento en el agua.

Se reportó la existencia de hierro en niveles que variaron entre 0,0022 mg/L en agosto y 0,2238 mg/L en julio, con un promedio de 0,2151 mg/L.

Las concentraciones de cromo fueron menores al LCM para los muestreos, esto señala niveles reducidos de este metal en el agua.

Se evidenció la presencia de cobre entre $< 0,0002$ mg/L en agosto y 0,0023 mg/L en julio, con un promedio de 0,0017 mg/L.

Los niveles de cadmio también fueron considerablemente menores al LCM en los cuatro muestreos, lo cual refleja una baja existencia de este contaminante en el agua.

Todas las concentraciones de arsénico registrados se mantuvieron por debajo del LCM, señalando bajos valores de este elemento en el agua de la captación.

Se encontró que el agua en la captación presenta concentraciones de coliformes fecales con valores superiores a los 33,0 NMP/100 mL con un máximo de 79,0 NMP/100 mL en agosto y un mínimo de 33 mg/L en julio. El promedio estimado fue 48,5 NMP/100 mL, lo que indica una contaminación microbiológica.

En contraste a los resultados de concentraciones de parámetros químicos, Chuquiruna (2022) reportó que, en el distrito de La Encañada en Cajamarca, seis fuentes de captación (manantiales) de diferentes localidades presentaron concentraciones de $\text{DBO}_5 < 2,6$ mg/L, niveles de oxígeno disuelto entre 6,2 y 6,7 mg/L y, niveles de pH que fluctuaron entre 7,09 y 7,85 de pH. Por su parte, Ojeda (2023) encontró en la captación de agua del distrito de Carhuamayo concentraciones de 19,4 mg/L para DBO_5 y, entre 8 y 8,1 de pH. Se evidencia diferencias en las concentraciones de parámetros químicos encontrados en el área de estudio con lo reportado por los autores mencionados, esto puede atribuirse al tipo de fuente de abastecimiento de agua y las posibles fuentes de

contaminación natural y antropogénica que podrían influir en los valores de los parámetros estudiados.

Con respecto a las concentraciones de parámetros inorgánicos, Chuquiruna (2022) en seis fuentes de captación de diversas localidades de La Encañada en Cajamarca, reportó que los niveles de arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc fueron inferiores al LCM, solamente reportó la presencia de hierro en concentraciones que variaron entre 0,058 y 0,928 mg/L, y de manganeso con valores que fluctuaron entre 0,004 y 0,122 mg/L. Ambos resultados denotan la presencia de hierro en las fuentes de captación en estudio, no obstante, existe diferencias en la presencia de otras características inorgánicas, atribuible a las condiciones naturales de las fuentes de captación y actividad antrópicas que pueden incidir en la calidad hídrica.

En contraste a los resultados de los coliformes fecales, Sanchez (2022) en un pozo de agua subterránea de la asociación de viviendas Dubai en Morales, determinó concentraciones de este parámetro que variaron entre 790,0 y 7 800,0 NMP/100 mL, asimismo, Guerrero (2019) encontró coliformes termotolerantes en tres manantiales de la ciudad de Lamas, cuyas concentraciones variaron entre 14,0 y 1 600,0 NMP/100 mL. Estos resultados denotan que tanto fuentes superficiales como subterráneas utilizadas para consumo humano están contaminadas por coliformes fecales y las concentraciones dependen de las fuentes de contaminación.

4.2. Calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, mediante la aplicación del ICA-PE

Se determinó la calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo mediante el desarrollo de la metodología ICA-PE, luego de la medición de 13 parámetros en cuatro meses diferentes. Los resultados se presentan a continuación:

Al comparar los resultados de los parámetros evaluados con los ECA-Agua de la categoría 1, subcategoría A1: aguas superficiales que pueden potabilizarse mediante desinfección, se encontró que solamente el pH y coliformes fecales no cumplieron los respectivos estándares de 6,5 a 85,5 pH y de 20,0 NMP/100 mL, respectivamente. El 84,6 % (n = 11) de parámetros analizados cumplieron los ECA-Agua en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo (Tabla 7).

Tabla 7

Comparación de parámetros de evaluados con los ECA-Agua de la categoría 1, subcategoría A1

| Parámetros | Unidad | ECA Cat. 1-A1 | Muestreo | | | |
|---|--------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | Jul-24 | Ago-24 | Set-24 | Oct-24 |
| DBO ₅ | mg/L | 3,0 | < 2,0 | 2,7 | < 2,3 | < 2,0 |
| Oxígeno disuelto | mg DO/L | ≥ 6,0 | 7,31 | 7,81 | 7,35 | 7,33 |
| pH | Unidad de pH | 6,5 - 8,5 | 6,33 | 6,85 | 6,56 | 6,45 |
| Zinc | mg/L | 3,0 | 0,0022 | 0,0296 | 0,0138 | 0,0173 |
| Plomo | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| Mercurio | mg/L | 0,001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| Manganeso | mg/L | 0,4 | < 0,00005 | < 0,00005 | < 0,00005 | < 0,00005 |
| Hierro | mg/L | 0,3 | 0,2238 | 0,2091 | 0,2156 | 0,2120 |
| Cromo | mg/L | 0,05 | < 0,0003 | < 0,0003 | < 0,0003 | < 0,0003 |
| Cobre | mg/L | 2,0 | 0,0023 | < 0,0002 | 0,002 | 0,0021 |
| Cadmio | mg/L | 0,003 | < 0,0002 | < 0,0002 | < 0,0002 | < 0,0002 |
| Arsénico | mg/L | 0,01 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 |
| Coliformes fecales | NMP/100 mL | 20,0 | 33,0 | 79,0 | 45,0 | 37,0 |
| Parámetros que no cumplen los ECA | | | | | 2 | |
| Total de parámetros evaluados | | | | | 13 | |
| Cantidad de resultados que no cumplen los ECA | | | | | 6 | |
| Cantidad total de resultados | | | | | 52 | |

Nota. Números resaltados de color amarillo indica que las concentraciones exceden los ECA-Agua de la categoría 1, subcategoría A1.

Se encontró que, de un total de 52 concentraciones obtenidas de 13 parámetros, el 11,5 % (n = 6) de datos excedieron los ECA-Agua de la categoría 1, subcategoría A1, mientras que la mayor proporción de datos representado por el 88,5 % (n = 46) no superó los respectivos estándares para la subcategoría estudiada (Tabla 7).

Los mayores excedentes se reportaron para el parámetro coliformes fecales, cuyos valores fluctuaron entre 0,65 y 2,95 mg/L, siendo superior en el mes de agosto, debido a una mayor concentración de coliformes fecales. Por otro lado, se reportó una suma normalizada de 0,110 y los valores del alcance (n = 0,154) y frecuencia (n = 0,115) fueron menores que el valor de la amplitud (n = 9,93) (Tabla 8).

El valor encontrado mediante la metodología ICA-PE (94,26) permitió calificar como “excelente” al agua de consumo humano. Sin embargo, las concentraciones de coliformes afectaron la calidad del agua reduciendo el valor ICA-PE en 5,74 en referencia al valor ICA máximo de 100,0 (Tabla 8).

Tabla 8*Cálculo de factores, excedentes y valor del ICA-PE*

| Alcance (F1) | | 0,154 | | | |
|------------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Frecuencia (F2) | | 0,115 | | | |
| Parámetros | | Jul-24 | Ago-24 | Set-24 | Oct-24 |
| DBO ₅ | mg/L | | | | |
| Oxígeno disuelto | mg DO/L | | | | |
| pH | Unidad de pH | 0,0269 | | | 0,0078 |
| Zinc | mg/L | | | | |
| Plomo | mg/L | | | | |
| Mercurio | mg/L | | | | |
| Manganeso | mg/L | | | | |
| Hierro | mg/L | | | | |
| Cromo | mg/L | | | | |
| Cobre | mg/L | | | | |
| Cadmio | mg/L | | | | |
| Arsénico | mg/L | | | | |
| Coliformes fecales | NMP/100 mL | 0,65 | 2,95 | 1,25 | 0,85 |
| Suma normalizada de los excedentes | | | 0,110 | | |
| Amplitud (F3) | | | 9,93 | | |
| ICA-PE | | | 94,26 | | |
| | | | Excelente | | |

Nota. Los valores mostrados en la tabla representan a los excedentes de las concentraciones que excedieron los ECA-Agua de la categoría 1, subcategoría A1

En contraste a los resultados de ICA-PE encontrados en el área estudiado, Espinoza (2019) en el pozo IRHS 23 grifo sector de Chanchajalla, distrito La Tinguiña en Ica, encontró un valor ICA-PE de 33,33 que calificó como mala al agua de consumo humano. Por su parte, Chuquiruna (2022) reportó que, solo en una fuente de captación de seis estudiadas el agua fue de calidad regular (ICA-PE = 50,27) y las cinco restantes presentaron una calidad excelente. La diferencia en los resultados se atribuye a los parámetros que excedieron los ECA-Agua, los excedentes reportados, fuentes de contaminación del agua y, las características fisicoquímicas y microbiológicas evaluadas en cada estudio, ya que Chuquiruna (2022) y Espinoza (2019) evaluaron el 92,3 y 15,4 % de parámetros analizados en el presente estudio, respectivamente, además, Espinoza (2019) reportó que parámetros como coliformes fecales y totales, sulfato y nitrito excedieron los ECA-Agua de la categoría 1, subcategoría A1, esto afectó considerablemente el valor ICA-PE.

4.3. Relación entre las concentraciones de parámetros y los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano

Se comparó concentraciones de parámetros de calidad organoléptica, químicos inorgánicos y microbiológicos con los LMP establecidos en el “Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano” (Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, 2010).

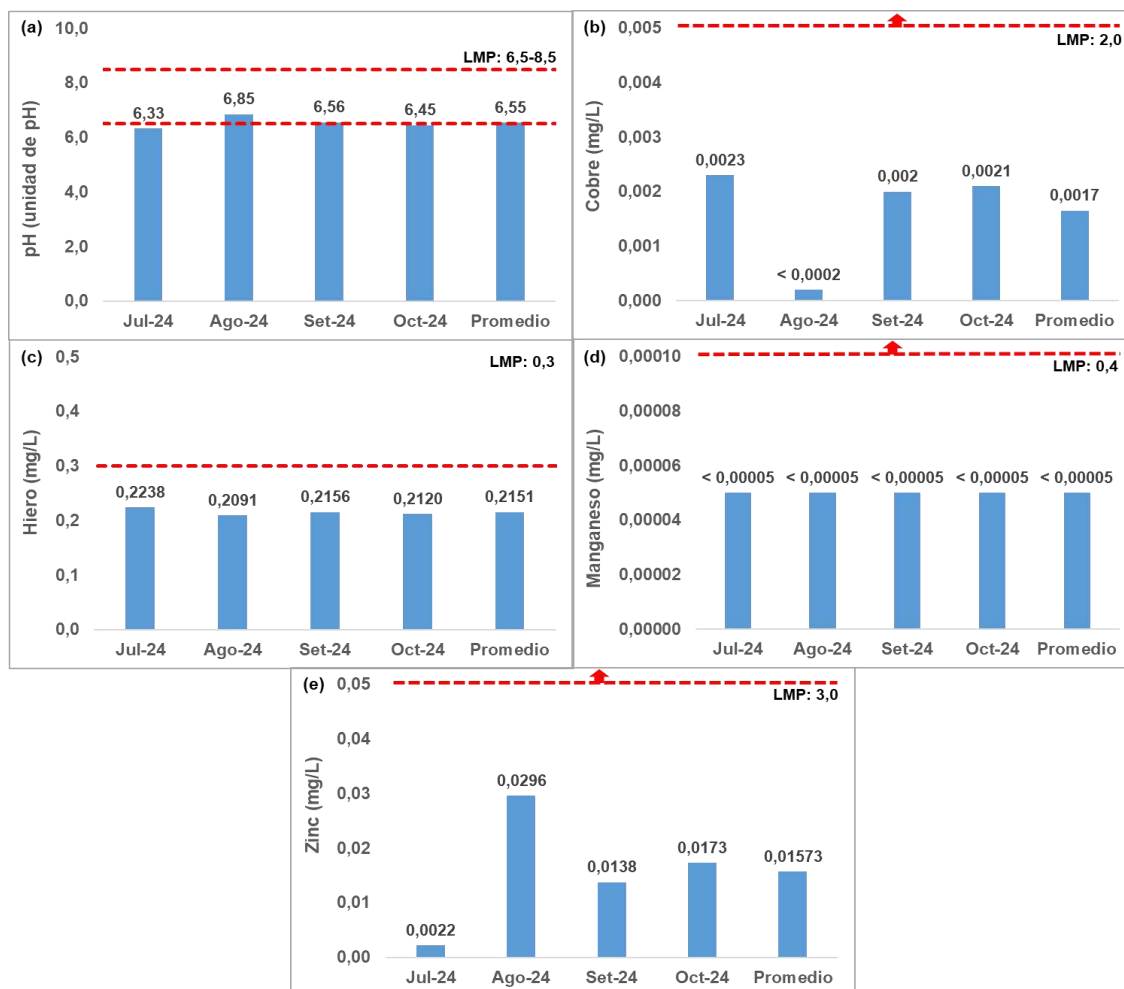


Figura 1

Comparación de concentraciones de parámetros de calidad organoléptica con los límites máximos permisibles. (a) pH, (b) Cobre, (c) Hierro, (d) Manganeso, (e) Zinc.

Nota. LMP: Límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.

Las concentraciones de parámetros de calidad organoléptica como cobre, manganeso y zinc fueron mínimas y se encontraron por debajo de los LMP establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA. Los niveles de cobre tampoco excedieron los LMP, sin embargo, la diferencia entre el valor límite y el máximo registrado fue de 0,0762 mg/L. Para el caso de pH, solamente los valores de julio y octubre excedieron los LMP con diferencias de 0,17 y 0,05 pH, respectivamente, los niveles registrados en agosto, setiembre y el promedio estimado se encontraron dentro del rango de valores de LMP.

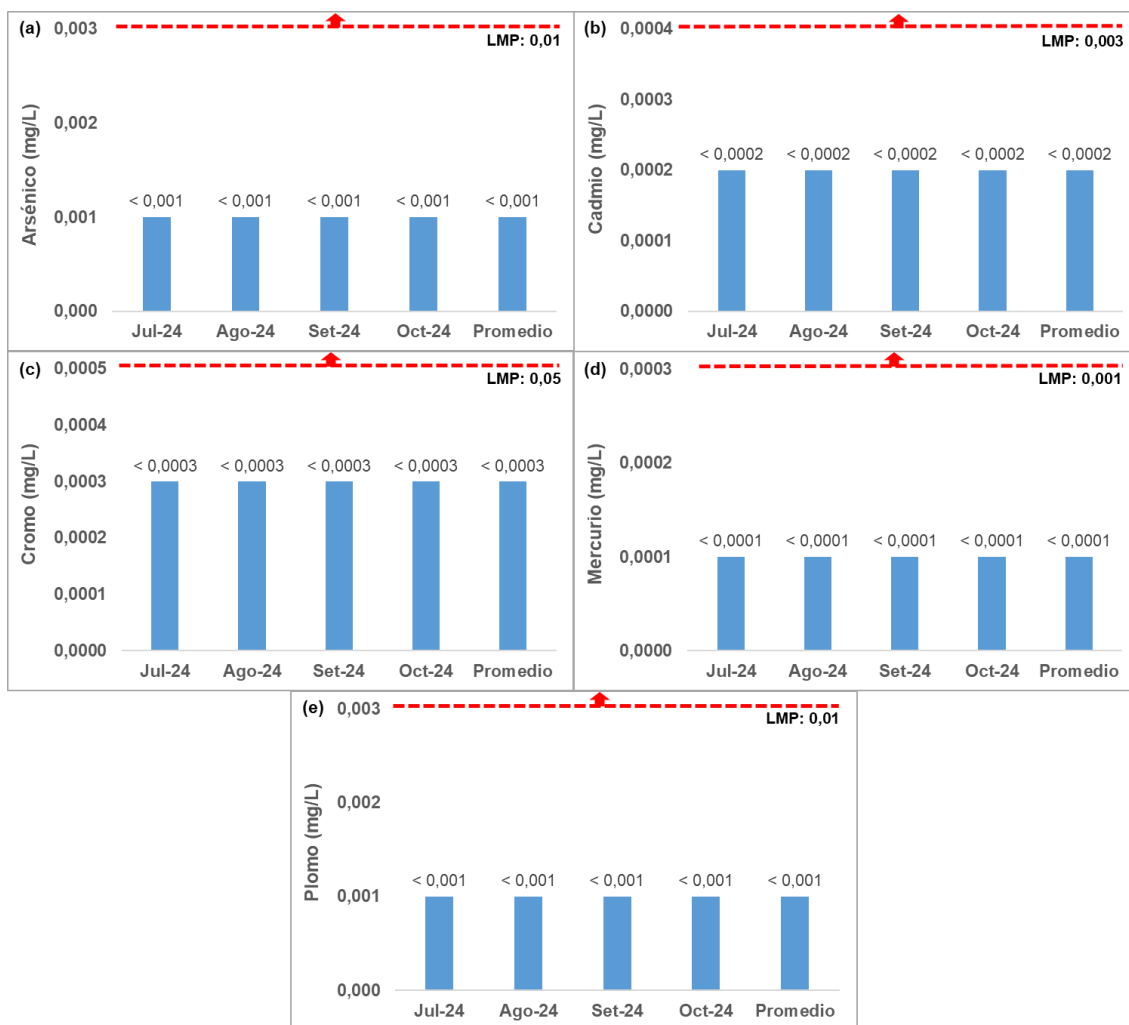


Figura 2

Comparación de concentraciones de parámetros químicos inorgánicos con los límites máximos permisibles. (a) Arsénico, (b) Cadmio, (c) Cromo, (d) Mercurio, (e) Plomo.

Nota. LMP: Límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.

Ninguna de las concentraciones de los parámetros químicos inorgánicos excedió los LMP establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA, es decir, los niveles de arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo fueron relativamente bajos en la captación de agua de consumo humano del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, en relación a los valores de LMP.

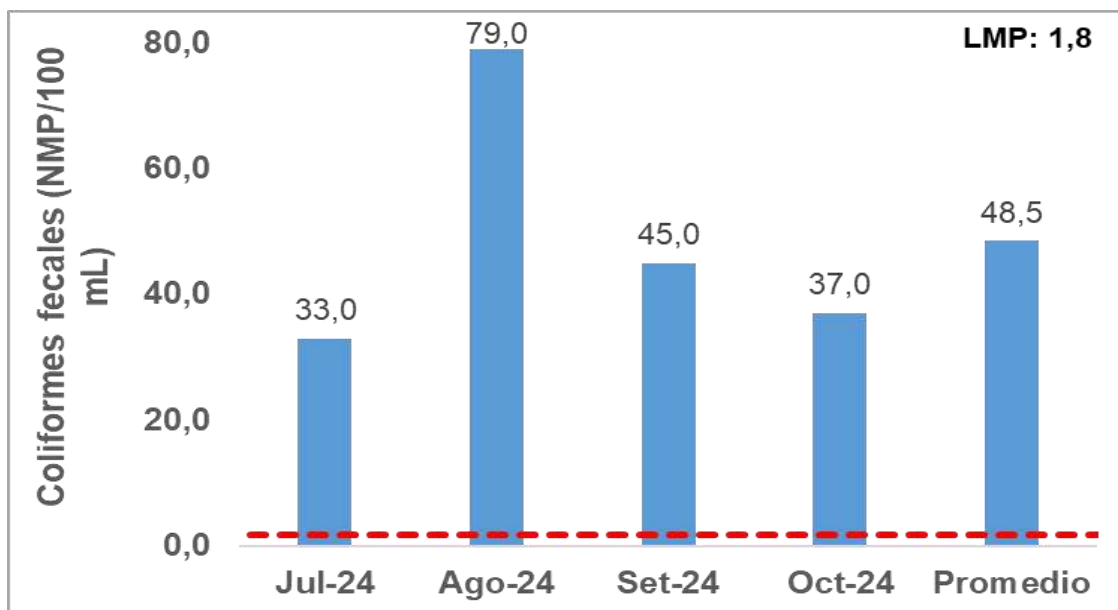


Figura 3

Comparación de concentraciones de parámetros microbiológicos con los límites máximos permisibles.

Nota. LMP: Límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.

Las concentraciones de coliformes fecales de los cuatro meses y el valor promedio estimado excedieron el LMP de 1,8 NMP/100 mL, la mayor diferencia de 76,2 NMP/100 mL con respecto al valor límite se registró en agosto y la menor diferencia de 31,2 NMP/100 mL fue registrado en julio, además, la diferencia entre el valor promedio y el LMP fue de 46,7 NMP/100 mL.

La presencia de coliformes fecales en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo en concentraciones superiores a los LMP, limitan el uso del agua para consumo poblacional, ya que las personas pueden padecer enfermedades asociadas con el agua. En contraste, estudios a nivel internacional como el de Lewoyehu (2021) en el distrito norte de Mecha, en Etiopia y Seben et al. (2021) en el río Grande do Sul de Brasil, además, estudios a nivel nacional como el de Quispe et al. (2020) en cinco comunidades rurales de los Andes peruanos y, Cisneros (2019) en Coronel Portillo en Ucayali y Quispicanchi en Cusco, reportaron en las fuentes de captación estudiadas la presencia de bacterias coliformes en concentraciones que exceden normativas nacionales estipuladas, lo que limita el uso poblacional sin antes realizar un tratamiento, tal y como sustenta Chande y Mayo (2019).

4.4. Condiciones sanitarias que ponen en riesgo la calidad del agua en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo

Mediante la técnica de la observación directa se identificó en la captación las condiciones sanitarias que ponen en riesgo la calidad del agua. Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 9

Condiciones sanitarias que ponen en riesgo la calidad del agua en la captación

| Indicadores | Estado |
|--|--|
| Cerco perimétrico | No tiene |
| Material de construcción de la captación | Concreto y artesanal |
| Peligros en la captación | Huaycos, Crecidas o avenidas, Desprendimiento de rocas o árboles, Contaminación de la fuente de agua por presencia de animales. |
| Infraestructura de la captación | Tapa sanitaria I (filtro): no tiene. Tapa sanitaria II (cámara colectora): no tiene. Tapa sanitaria III (caja de válvulas): no tiene Estructura: malo. Canastilla: si tiene, pero en estado malo. Tubería de limpieza y rebose: si tiene, pero en estado malo. Dado de protección: no tiene. |

Se identificó que la captación del agua de consumo humano no tiene un cerco perimétrico que impida el ingreso de personas ajenas a la JASS y animales que de una u otra manera puedan contaminar la calidad del agua. Según versiones de los miembros de la JASS en muchas oportunidades se presenciaron ganados bebiendo agua en la captación, esto representa un riesgo de contaminación microbiológica y parasitológica.

La captación de agua del centro poblado en estudio tiene una infraestructura de concreto de tipo artesanal con una malla ubicada en la captación para proteger el ingreso de agentes externos (hojas, animales, insectos y otros), además, existe un filtro de malla metálica cuadrada artesanal colocada en la tubería y un balde que filtra partículas mayores, estos componentes fueron colocados por pobladores sin apoyo de un profesional especializado.

Entre los peligros naturales y antrópicos que pueden afectar la calidad del agua se identificó a los huaycos, las crecidas o avenidas, el desprendimiento de las rocas o árboles y la contaminación de la fuente hídrica. Aguas arriba de la cascada donde se capta agua se desarrollan actividades de ganadería y agricultura, lo que constituyen una de las principales fuentes de contaminación de la quebrada. Por otro lado, la presencia de

personas ajenas y animales en la zona de captación, son parte de las principales fuentes antropogénicas de contaminación de la calidad del agua.

Finalmente, se identificó que la infraestructura de la captación de agua de consumo humano no tiene tapa sanitaria I o filtro, tapa sanitaria II o cámara colectora y tampoco una caja de válvulas. El estado de la estructura es malo, el sistema no cuenta con un dado de protección, la canastilla que presenta es de malla metálica y está en estado malo, al igual que la tubería de limpieza y rebose.

Si bien se calificó como excelente a la calidad del agua de consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, existen condiciones sanitarias como la no existencia de un cerco perimétrico, infraestructuras y componentes artesanales en mal estado que podrían estar afectando a otros parámetros no evaluados como turbidez, sólidos suspendidos totales, coliformes totales y otros, es decir, en el área de estudio el sistema de captación no es el adecuado o no es sostenible. En contraste, Chuquiruna (2022) manifiesta que una captación de agua protegida con estructuras de concreto con tapas sanitarias y la ausencia de daños o amenazas, se constituyen como condiciones adecuadas que hacen que el agua este cercano a niveles deseados o naturales.

El desarrollo de actividades ganaderas aguas arriba de la cascada y punto de captación, y la no existencia de un cerco perimétrico que facilita el ingreso de animales, son los factores o condiciones que podrían determinar la presencia de coliformes fecales en la captación, además, no existe un sistema de cloración para disminuir la carga microbiológica y cuidar la salud de la población ante enfermedades asociadas con el agua. En contraste, International Ombudsman Intitute (2019) reportó que los sistemas de captación de agua de consumo humano de las localidades de Pachachupan y Acomayo del distrito de Chinchao presentaron un conjunto de problemas, principalmente la inexistencia de un sistema de cloración para tratar el agua, poniendo en riesgo la salud de más de 5 000 pobladores.

CONCLUSIONES

La captación de agua para consumo humano en el centro poblado La Libertad del Bajo Mayo presenta niveles bajos de DBO₅, oxígeno disuelto mayor a 7,0 mg/L, pH inferior al valor neutro, así como concentraciones bajas de zinc, hierro y cobre. No obstante, destaca la presencia de coliformes fecales, con proporciones superiores a los 33,0 NMP/100 mL y una media de 48,5 NMP/100 mL.

Parámetros como DBO₅, oxígeno disuelto, zinc, plomo, mercurio, manganeso, hierro, cromo, cobre, cadmio y arsénico determinan que la calidad del agua en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo es excelente (ICA-PE = 94,26). Sin embargo, el pH y, principalmente, los coliformes fecales comprometen la calidad del agua, ya que las concentraciones exceden los ECA-Agua de la categoría 1, subcategoría A1 y afectan el valor ICA-PE.

Las concentraciones de parámetros químicos inorgánicos como arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo, así como parámetros organolépticos como cobre, hierro, manganeso y zinc no exceden los LMP del D.S. N° 031-2010-SA. No obstante, en algunos meses se registra valores de pH fuera del rango aceptable, y en general, se encuentran coliformes fecales que superan lo permitido por la normativa peruana.

Entre las principales condiciones que comprometen la calidad del agua resaltan: la inexistencia de un cerco perimétrico que impida el ingreso de animales, fuentes de contaminación como actividades ganaderas y agrícolas aguas arriba de la cascada, y un deficiente sistema de captación con infraestructura de concreto tipo artesanal construido por la población.

En términos generales, la calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, se clasifica como excelente. Sin embargo, la existencia de coliformes fecales representa una limitación importante para su uso directo por el sector poblacional.

RECOMENDACIONES

A la población local, tomar sus precauciones pertinentes antes de consumir el agua y considerar medidas de desinfección como hacer hervir el agua previo consumo, con la finalidad de eliminar la carga microbiológica y evitar afectaciones a la salud de los más vulnerables.

A las autoridades locales, realizar las gestiones adecuadas y esfuerzos pertinentes para mejorar la infraestructura de sistema de captación del agua de consumo humano del centro poblado en estudio, implementar un sistema de desinfección con la finalidad de proteger la salud de la población y, realizar la limpieza y mantenimiento frecuente en la captación.

A las autoridades regionales, mejorar las infraestructuras de captación de agua de consumo humano en las comunidades rurales, asimismo, implementar sistemas de desinfección del agua y, fortalecer y capacitar a los directos de la JASS para desarrollar las acciones adecuadas y salvaguardar la calidad del agua destinado al uso poblacional.

A investigadores, utilizar la metodología ICA-PE para determinar la calidad del agua en comunidades rurales y considerar otros parámetros más como turbidez, SST, temperatura, coliformes totales, temperatura, sulfatos, nitratos y otros más.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, A. A., Sayed, S., Abdoulhalik, A., Moutari, S., y Oyedele, L. (2024). Applications of machine learning to water resources management: A review of present status and future opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 441, 140715. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140715>
- Ahuja, S. (2021). Chapter 2 - Water quality worldwide. *Handbook of Water Purity and Quality*, 19–33. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821057-4.00003-3>
- Añaños, K. G., y Roel, L. A. (2024). *El agua como derecho humano y derecho fundamental: Alcances y desafíos en América Latina*. España: J.M. Bosch Editor.
- Anh, N. T., Can, L. D., Nhan, N. T., Schmalz, B., y Luu, T. Le. (2023). Influences of key factors on river water quality in urban and rural areas: A review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8, 100424. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100424>
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2440>
- Autoridad Regional Ambiental (ARA). (2014). *Plan de Acción Ambiental Regional 2013-2021*. <https://www.regionsanmartin.gob.pe/OriArc.pdf?id=78162>
- Barcena, M. A., y Calderon, A. D. (2023). *Calidad de agua para el consumo humano y percepción local de la población de la microcuenca de Palccaro, distrito de Tambobamba, región Apurímac, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13856>
- Cabezas, C. (2018). Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 309–316. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3761>
- Carbajal, Á., y González, M. (2012). Propiedades y funciones biológicas del agua. In M. P. Vaquero & L. Toxqui (Eds.), *Agua para la salud. Pasado, presente y futuro* (pp. 33–45). España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>

- Cárdenas, L. (2022). *Calidad del agua para estudiantes de ciencias ambientales* (1ra ed.). Eco Ediciones.
- CARE Perú Cajamarca Regional, Dirección Regional de Vivienda Construcción y Saneamiento, y Gobierno Regional de Cajamarca. (2010). *Compendio Sistema de Información Regional en Agua y Saneamiento - SIRAS 2010*.
<https://www.udocz.com/apuntes/27665/compendio-sistema-de-informacion-regional-en-agua-y-saneamiento-siars>
- Castillo, O., Leines, J. C., y Alfaro, M. A. (2023). *Agua para la vida* (Primera edición). México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
<https://repository.uaeh.edu.mx/books/120/av.pdf>
- Chande, M. M., y Mayo, A. W. (2019). Assessment of groundwater vulnerability and water quality of Ngwerere sub-catchment urban aquifers in Lusaka, Zambia. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 112, 113–124.
<https://doi.org/10.1016/J.PCE.2019.03.004>
- Chong, A. (2010). *Evaluación de la calidad del agua subterránea en el centro poblado menor La Libertad, distrito de San Rafael, provincia de Bellavista, Región San Martín – Perú* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Martín].
<http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2094>
- Chuquiruna, W. H. (2022). *Determinación de la calidad de agua para consumo humano en las fuentes de captación de seis localidades del distrito de La Encañada - Cajamarca, 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/32458>
- Cisneros, R. F. (2019). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en Comas (Lima), Quispicanchi (Cusco) y Coronel Portillo (Ucayali) durante el 2017* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma].
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2652>
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM de 2017 [Ministerio del Ambiente-MINAM]. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. 07 de junio de 2017.
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

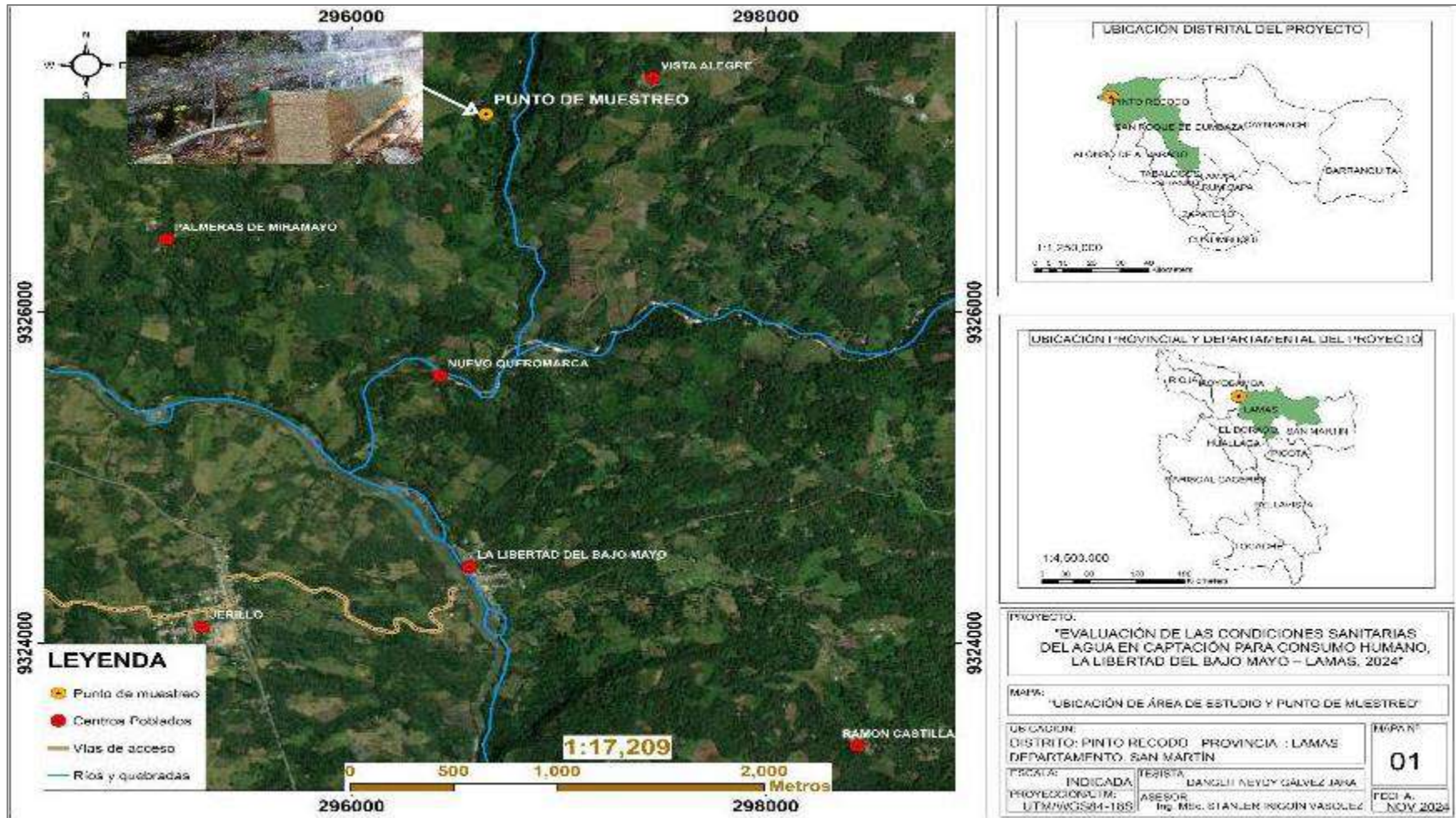
- Decreto Supremo N.° 031-2010-SA de 2010 [Ministerio del Salud]. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. 26 de setiembre de 2010. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>
- Defensoría del Pueblo. (2019). *Demandamos a 68 gobiernos locales asegurar tratamiento adecuado del agua*. <https://www.defensoria.gob.pe/demandamos-a-68-gobiernos-locales-de-la-libertad-asegurar-un-tratamiento-adecuado-del-agua-que-se-distribuye-a-la-poblacion/>
- Dirección Regional de Vivienda, Construcción y Saneamiento (DRVCS). (2022). *Plan regional de saneamiento de San Martín 2022-2026*. <https://www.regionsanmartin.gob.pe/OriArc.pdf?id=127308>
- Espinoza, P. (2019). *Determinación del índice de calidad ambiental de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito la Tinguiña, Ica - 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22316>
- Guerrero, A. (2019). *Calidad ambiental del agua en tres manantiales de consumo poblacional, ciudad de Lamas - región San Martín, 2018* [Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39445>
- Hernández, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3), e1442. <http://scielo.sld.cu/pdf/mgi/v37n3/1561-3038-mgi-37-03-e1442.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- ICB Editores. (2017). *Calidad de aguas: Usos y aprovechamiento*. España: ICB Editores.
- International Ombudsman Intitute. (2019). *PERÚ | Más de 5 000 personas estan expuestas a contraer enfermedades por consumo de agua sin tratar*. International Ombudsman Intitute. <https://www.theioi.org/ioi-news/current-news/mas-de-5-000-personas-estan-expuestas-a-contraer-enfermedades-por-consumo-de-agua-sin-tratar>
- Khatri, N., y Tyagi, S. (2015). Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas. *Frontiers in Life Science*, 8(1), 23–39. <https://doi.org/10.1080/21553769.2014.933716>

- Lewoyehu, M. (2021). Evaluation of drinking water quality in rural area of Amhara region, Ethiopia: The case of Mecha district. *Journal of Chemistry*, 2021, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2021/9911838>
- Li, P., y Wu, J. (2019). Drinking water quality and public health. *Exposure and Health*, 11(2), 73–79. <https://doi.org/10.1007/S12403-019-00299-8>
- Mata, A., y Quevedo, F. (2005). *Diccionario didáctico de ecología* (2da ed.). Universidad de Costa Rica.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2021). *Plan Nacional de Saneamiento 2022 - 2026*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2648833/PNS%20%281%29.pdf.pdf?v=1661013508>
- Mora, D. (2009). *Agua*. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Ojeda, D. (2023). *Evaluación de las condiciones hídricas y su relación con la calidad de agua en el distrito de Carhuamayo, Junín - 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13734>
- Organización Mundial de la Salud. (2017). *2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro*. <https://www.who.int/es/news/item/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>
- Organización Panamericana de la Salud. (2009). *Saneamiento rural y salud, Guía para acciones a nivel local*. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/52823>
- Pradana, J. Á., y Gallego, A. (2019). *Criterios de calidad y gestión del agua potable*. España: UNED.
- Quispe, A., Fernández, S., Lume, L. A., y Pérez, A. (2020). Status of Water Quality for Human Consumption in High-Andean Rural Communities: Discrepancies between Techniques for Identifying Trace Metals. *J Multidisciplinary Scientific Journal*, 3(2), 162–180. <https://doi.org/10.3390/J3020014>
- Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf

- Sainz, J. (2005). *Tecnologías para la sostenibilidad. Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales* (1ra ed.). Fundación EOI Gregorio del Amo.
- Sánchez, C., y Reyes, C. (2006). *Metodología y diseño en la investigación científica* (E. V. Universitaria, Ed.).
- Sanchez, J. (2022). Carga microbiológica del agua subterránea de uso doméstico, en la asociación de viviendas Dubái, Morales - San Martín [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín].
- Science for a Changing World. (2001, March). *A Primer On Water Quality*. <https://pubs.usgs.gov/fs/fs-027-01/>
- Seben, D., Toebe, M., Wastowski, A. D., Hofstätter, K., Volpato, F., Zanella, R., Prestes, O. D., y Golombieski, J. I. (2021). Water quality variables and emerging environmental contaminant in water for human consumption in Rio Grande do Sul, Brazil. *Environmental Challenges*, 5, 100266. <https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2021.100266>
- Suárez, I. (2020). Calidad del agua de consumo humano influenciada por aguas servidas. *Revista Nor@ndina*, 3(1), 80–89. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v3n1p80>
- United Nations Environment Programme. (2008). *Vulnerabilidad y resistencia hidropolíticas en aguas internacionales: América Latina y el Caribe*. Kenia: United Nations Publications. 978928072864
- United Nations (UN). (2010). *Resolution Adopted by the General Assembly on 28 July 2010, A/RES/64/292*. <https://www.paho.org/en/documents/human-right-water-and-sanitation-resolution-adopted-general-assembly-ares64292>
- Van Vliet, M. T. H., Jones, E. R., Flörke, M., Franssen, W. H. P., Hanasaki, N., Wada, Y., y Yearsley, J. R. (2021). Global water scarcity including surface water quality and expansions of clean water technologies. *Environmental Research Letters*, 16(2), 024020. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abbfc3>
- World Health Organization (WHO). (2023). *Drinking-water*. World Health Organization (WHO). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Yogendra, K., y Puttaiah, E. (2008). *Determination of water quality index and sustainability of an urban waterbody in Shimoga Town, Karnataka*.

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del área de estudio



Anexo 2. Autorización obtenida de la JASS para la recolección de muestras de agua en la captación

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

Centro Poblado La Libertad del Bajo Mayo 05 de julio del 2024

OFICIO N° 001-2024-JASS-CPLBM

Sr.

DANGLIT NEYDY GÁLVEZ JARA

Egresada de ingeniería sanitaria

Asunto: Aceptación para realizar Proyecto de Tesis

Tengo el agrado de dirigirme a usted, haciéndole presente mi saludo cordial y al mismo tiempo, comunicarle que, de acuerdo a lo solicitado, y con la opinión favorable de todos los que conforman la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) de este centro poblado, se acepta lo solicitado de acuerdo al documento de la referencia, con respecto al proyecto de tesis "Calidad del Agua Para Consumo Humano en la Captación del Centro Poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas 2024" debiendo realizar las actividades de muestreo en la captación del sistema de agua potable del C.P. La Libertad del Bajo Mayo

Hago propicia la oportunidad para testimoniarle de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,

COMITE DE AGUA JASS
C.P. LA LIBERTAD - BAJO MAYO

ZAIDA GARCIA CORDOVA
DNI: 00839379
PRESIDENTE

Anexo 3. Ficha de identificación de condiciones sanitarias

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------------|----------|---------------------------------------|------------------------------|-------------|----------|--------------------|----------|---|---|----------|----------|
| Proyecto | : Calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 2024. | | | | | | | | | | | | |
| Fecha | : | Hora de inicio | | | : | Hora de fin | | | : | | | | |
| | | Coordenadas | | | Este: | | | Norte: | | | | | |
| Estado del cerco perimétrico | Si tiene: En buen estado (...) En mal estado (...) | | | No tiene (...) | | | | | | | | | |
| | Material de construcción de la captación | | | Artesanal (...) Colador artesanal. | | | | | | | | | |
| Peligros en la captación | No presenta (...) | | | | | | | | | | | | |
| | Huayco (...) | | | | | | | | | | | | |
| | Crecidas o avenidas (...) | | | | | | | | | | | | |
| | Hundimiento de terreno (...) | | | | | | | | | | | | |
| | Inundaciones (...) | | | | | | | | | | | | |
| | Deslizamientos (...) | | | | | | | | | | | | |
| | Desprendimientos de rocas o árboles (...) | | | | | | | | | | | | |
| Contaminación de la fuente de agua (...) | | | | | | | | | | | | | |
| Estado de la infraestructura de captación | Tapa sanitaria I (filtro) | No tiene | Si tiene | | | | | | | | | Seguro | |
| | | | Concreto | | | Metal | | | Madera | | | No tiene | Si tiene |
| | | | B | R | M | B | R | M | B | R | M | | |
| | Tapa sanitaria II (cámara colectora) | No tiene | Si tiene | | | | | | | | | Seguro | |
| | | | Concreto | | | Metal | | | Madera | | | No tiene | Si tiene |
| | | | B | R | M | B | R | M | B | R | M | | |
| | Tapa sanitaria III (caja de válvulas) | No tiene | Si tiene | | | | | | | | | Seguro | |
| | | | Concreto | | | Metal | | | Madera | | | No tiene | Si tiene |
| | | | B | R | M | B | R | M | B | R | M | | |
| | Estructura | Canastilla | | | Tubería de limpieza y rebose | | | Dado de protección | | | | | |
| | | No tiene | Si tiene | No tiene | Si tiene | No tiene | Si tiene | No tiene | Si tiene | | | | |
| | | B | R | M | B | M | B | M | B | M | B | M | |
| Observaciones: | | | | | | | | | | | | | |

Nota. B: Bueno, R: Regular; M: Malo. Tomado y adaptado de CARE Perú Cajamarca Regional et al. (2010).

Anexo 4. Cadenas de custodia

| ALAB | | CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA | | | | | | | | | | I: 2025-1-13 R: 01 LV: 2025-Feb-12 | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|---|---------------------------|----------------|-------------------------------|-------------------|---|----------------------|---------------|--|------------------|--|------|-------------|-------------------|---------------|-----------|--------------------|--------------------|---|---------------|--|--|
| Datos del cliente: Razón Social: Danglil Neydy Gálvez Jara Persona de contacto: Danglil Neydy Gálvez Jara Correo / Teléfono: ccsanigpac@gmail.com/946428284 Nombre del proyecto: Calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 3624 | | | | | | | | | | Orden de servicio: OS-2024-4043-Verd Pág. 01 de 01 Plan de Muestreo: Informe de ensayo: Procedencia o lugar de muestreo: CAPTACIÓN LIBERTAD DEL BAJO MAYO - LAMAS - SAN MARTÍN | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Parametro</td> <td style="width: 10%;">MNO3</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table> | | | | | | | | | | | | Parametro | MNO3 | | | | | | | | | | |
| Parametro | MNO3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº | Punto de muestreo / Estación | Código de laboratorio | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | Ubicación | Nº Frascos | | PARAMETROS DE ENSAYO | | | | | | | | | | PARAMETRO IN SITU | | | OBSERVACIONES | | |
| | | | Grupo | Sub-grupo | | Coordenadas (UTM) | V | P | Metas: Nitros | Coliformes totales | Oxígeno Disuelto | pH | Turb | Tª Mta (°C) | pH (medido en pH) | CE (µmhos/cm) | OD (mg/L) | Cloro Libre (mg/L) | Cloro Total (mg/L) | | | | |
| 1 | CAPTACIÓN | | F: 14/07/2024 H: 15:15 | AN SUPERFICIAL | N: 9327212.00 E: 296689.00 | 0 | 5 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | | | Muestra de agua captación C.P. Libertad Del Bajo Mayo | | | |
| 2 | | | F: H: | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | F: H: | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | F: H: | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | F: H: | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | F: H: | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | F: H: | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | F: H: | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Descripción de equipos utilizados: | | Leyenda: | | | | Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042 | |
|------------------------------------|---------------------------|------------------|----------|---------|-------------|---|-----------------------------|
| Nº | Código interno del equipo | Nombre de equipo | F. Ficta | N. Nula | V. Vidrio | Tª Mta: Temperatura de Muestra | CE: Conductividad Eléctrica |
| 1 | | | H. Hielo | E. Espe | P. Plástico | Tª Amb: Temperatura ambiente | OD: Oxígeno Disuelto |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |

| Muestreado por: | | Cliente: | | Recepción de muestra: | |
|-----------------|---------------------------|----------|---------------------------|-----------------------|--|
| Nombre: | Danglil Neydy Gálvez Jara | Nombre: | Danglil Neydy Gálvez Jara | | |
| Fecha: | 14/07/2024 | Fecha: | 14/07/2024 | | |
| Firma: | | Firma: | | | |

| Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042 | |
|---|------------------------------------|
| GRUPO | GRUPO |
| AN: Agua Inactiva | SUBTRINAMIA (Inactiva - Tarnia) |
| AR: Agua Residual | DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL |
| AM: Agua para Uso y Consumo Humano | INDUSTRIAL Y LABORAL INDUSTRIAL |
| AS: Agua Salada | INDUSTRIAL - DOMESTICA - MUNICIPAL |
| AP: Agua de Proceso | INDUSTRIAL - DOMESTICA - MUNICIPAL |

| | | |
|-----------------|-------------------------------|---|
| Muestreado por: | <input type="checkbox"/> ALAB | <input checked="" type="checkbox"/> Cliente |
|-----------------|-------------------------------|---|

| Observaciones / Comentarios |
|-----------------------------|
| |

| | | |
|--|---|--|
|  | CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA | 1.1 F-09-1.03 N: 01 1.X: 2020-Feb-13 |
| Datos del cliente Razón Social: Danglil Neydy Gálvez Jara Persona de contacto: Danglil Neydy Gálvez Jara Correo / Teléfono: ccsanigsac@gmail.com/946026294 Nombre del proyecto: Calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 2024 | | Orden de servicio: 05-2024-4795-Ver0 Pág. 01 de 01 Plan de Monitoreo: Informe de ensayo: Procedencia o lugar de muestreo: CAPTACIÓN LIBERTAD DEL BAJO MAYO - LAMAS - SAN MARTIN |

| S/N | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | | | | PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | | | | | | PARÁMETRO IN SITU | | | | OBSERVACIONES | |
|-----|------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|-------------|-------------------------------|-------------------|---|----------------------|--------------------------|--------------------------|----|----|--------------|------------------|-------------------|-----------|--------------------|--------------------|---|-----------------------|
| | Punto de muestreo / Estación | Código de laboratorio | Muestreo | Clasificación | | Ubicación | N° Frascos | | Materia Total (Mg/L) | Coliformes Totales (ppm) | Coliformes Fecales (ppm) | pH | OD | T° Mtra (°C) | pH (valor de pH) | CE (µmhos/cm) | OD (mg/L) | Cloro Libre (mg/L) | | | |
| | | | | Grupo | Sub-grupo | | Coordenadas (UTM) | V | | | | | | | | | | P | Cloro Total (mg/L) | | Cloro Residual (mg/L) |
| 1 | CAPTACIÓN | | F: 21/08/2024 H: 10:00 | AN | SUPERFICIAL | N: 9327212.00 E: 296669.00 | 0 | 5 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | Muestra de agua captación C.P. Libertad Del Bajo Mayo | |
| 2 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | |

| Descripción de equipos utilizados: | | |
|------------------------------------|---------------------------|------------------|
| Item | Código interno del equipo | Nombre de equipo |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

| Leyenda | | | |
|--|----------|--|---------------------------------|
| F: Fecha | N: Norte | V: Vidrio | T° Mtra: Temperatura de Muestra |
| H: Hora | E: Este | P: Plásticos | T° Amb: Temperatura ambiente |
| Muestreado por: Danglil Neydy Gálvez Jara | | Cliente: Danglil Neydy Gálvez Jara | |
| Fecha: 21/08/2024 | | Fecha: 21/08/2024 | |
| Firma:  | | Firma:  | |

| Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042 | |
|---|--|
| GRUPO | SUB-GRUPO |
| AN: Agua Natural | DETERMINA: Mineral, Terrenal |
| AR: Agua Residual | DOMESTICA - INDUSTRIAL - RESIDUAL |
| AA: Agua para uso y consumo humano | FRÍO Y CALIENTE AMBIVALE |
| AD: Agua de Consumo Humano | SECA (Fresca, Hota, Dura) |
| AG: Agua Salada | SECA (SALADA) - RESIDUAL |
| AP: Agua de Proceso | AGUA INYECCION Y RESERVOCCION |
| | DESALACION (RESERVOCCION) - AGUA DE TRATAMIENTO |
| | ALIMENTACION DE CALIBRAL - AGUA DE LAVACION |
| | AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y RESERVOCCION |

Muestreado por: ALAB Cliente

| |
|-----------------------------|
| Observaciones / Comentarios |
|-----------------------------|

| | | |
|--|----------------------------------|--|
| | CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA | L: T-021-143 R: 30 IX: 2015/06-12 |
| Datos del cliente Razón Social: Danglit Neydy Gálvez Jara Persona de contacto: Danglit Neydy Gálvez Jara Correo / Teléfono: ccsanigsec@gmail.com/546028284 Nombre del proyecto: Calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 2024 | | Orden de servicio: OS-2024-4795-Ver0 Pág. 01 de 01 Plan de Monitoreo: Informe de ensayo: Procedencia o lugar de muestreo: CAPTACIÓN LIBERTAD DEL BAJO MAYO - LAMAS - SAN MARTÍN |

| N° | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | | | | PARAMETROS DE ENSAYO | | | | | | | | | | PARAMETRO IN SITU | | | | OBSERVACIONES | | | |
|----|------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------|-------------|-------------------------------|---|------------------|--------------------|--------------------|------------------|----|-----|--------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------|--------------------|---------------|--------------------|---|--|
| | Punto de muestreo / Estación | Código de laboratorio | Muestreo | | Ubicación | N° Frascos | | Muestras totales | Coliformes Totales | Coliformes Fecales | Oxígeno Disuelto | pH | DHO | T° Mtra (°C) | pH (Unidad de pH) | CE (µmhos) | | OD (mg/L) | Cloro Libre (mg/L) | | | | |
| | | | Grupo | Sub-grupo | | Coordenadas (UTM) | V | | | | | | | | | P | Susceptibilidad (µF) | | OD (mg/L) | | Cloro Total (mg/L) | Cloro Libre (mg/L) | |
| 1 | CAPTACIÓN | | F: 13/09/2024 H: 9:00 | AN | SUPERFICIAL | N: 9327212.00 E: 296669.00 | 0 | 5 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | Muestra de agua captación C.P. Libertad Del Bajo Mayo | |
| 2 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Nº | Código interno del equipo | Nombre de equipo |
|----|---------------------------|------------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

| Leyenda | | | |
|--|----------|---|---------------------------------|
| F: Fecha | N: Norte | V: Vidrio | T° Mtra: Temperatura de Muestra |
| H: Hora | E: Este | P: Plástico | T° Amb: Temperatura ambiente |
| Muestreado por: Danglit Neydy Gálvez Jara | | Cliente: Danglit Neydy Gálvez Jara | |
| Fecha: 13/09/2024 | | Fecha: 13/09/2024 | |
| Firma: | | Firma: | |

| GRUPO | SUB GRUPO |
|------------------------------------|---|
| AN: Agua Natural | SUBGRUPO (Muestra - Tamal) |
| AR: Agua Residual | DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL |
| AS: Agua para uso y Consumo Humano | FRÍO Y CALIENTE: ARTESIAL, RESERVA, ACUÍFERO, BARRIO, GRUPO, SUPERFICIAL |
| AD: Agua Salada | AGUA SUBTERRANEA: SUPERFICIAL, AGUA SUBTERRANEA: PROFUNDA |
| AP: Agua de Proceso | OPERACIONES DE EMPERMECION: AGUA DE CALIENTE, ALIMENTACION DE CALIENTE, AGUA DE LUBRICACION, AGUA PURIFICADA, AGUA DE BRICACION Y REPLICACION |

Observaciones / Comentarios

| | | |
|--|----------------------------------|---|
| | CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA | F.1: F-09-143 N.1: 01 I.X: 2020 Feb-13 |
| Datos del cliente Razón Social: Danglit Neydy Gálvez Jara Persona de contacto: Danglit Neydy Gálvez Jara Correo / Teléfono: ccsanigsao@gmail.com/946023284 Nombre del proyecto: Calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 2024 | | Orden de servicio: OS-2024-4795-Ver0 Pág. 01 de 01 Plan de Monitoreo: Informe de ensayo: Procedencia o lugar de muestreo: CAPTACIÓN LIBERTAD DEL BAJO MAYO - LAMAS - SAN MARTIN |

| N.º | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | | | | PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | | | | | | PARÁMETRO IN SITU | | | | OBSERVACIONES | | |
|-----|------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|-------------|-------------------------------|-------------------|---|-----------------|---------|----------|------------------|----|-----|--------------|----------------------|---------------|-----------|--------------------|---------------|---|---|
| | Punto de muestreo / Estación | Código de laboratorio | Muestreo | Clasificación | | Ubicación | N.º Frascos | | Metales totales | Calcium | Magnesio | Oxígeno Disuelto | pH | DBO | T.º Mue (°C) | pH (Directo in situ) | CE (µmhos/cm) | OD (mg/L) | Cloro Libre (mg/L) | | Cloro Total (mg/L) | |
| | | | | Grupo | Sub-grupo | | Coordenadas (UTM) | V | | | | | | | | | | | | | | P |
| 1 | CAPTACIÓN | | F: 10/10/2024 H: 11:00 | AN | SUPERFICIAL | N: 9327212.00 E: 296669.00 | 0 | 5 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | | | Muestra de agua captación C.P. Libertad Del Bajo Mayo | |
| 2 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | F: H: | | | N: E: | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Descripción de equipos utilizados: | | |
|------------------------------------|---------------------------|------------------|
| Item | Código interno del equipo | Nombre de equipo |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

| Leyenda | | | | | |
|--|----------|-------------|--|-----------------------------|--|
| F: Fecha | N: Norte | V: Vidrio | T.º Mue: Temperatura de Muestra | CE: Conductividad Eléctrica | |
| H: Hora | E: Este | P: Plástico | T.º Amb: Temperatura ambiente | OD: Oxígeno Disuelto | |
| Muestreado por: | | | Cliente: | | |
| Nombre: Danglit Neydy Gálvez Jara | | | Nombre: Danglit Neydy Gálvez Jara | | |
| Fecha: 10/10/2024 | | | Fecha: 10/10/2024 | | |
| Firma: | | | Firma: | | |

| Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214 042 | |
|---|---|
| GRUPO AN: Agua Subterránea AR: Agua Residual AM: Agua de Uso y Consumo Humano AS: Agua Salada AP: Agua de Proceso | SUBGRUPO SUBTERRANEA (Manantial - Tercero) DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL RESIDUA Y LAMINA ARTIFICIAL (BANDA Plástico, Nylon, Invasado) MAR - SUPERFICIALES - SUBSUELO AGUA MINERALIZADA O RESERVAZON CIRCULACION SUPERFICIALES - AGUA DE CALDAS SUBMOCIONEN DE CALDAS - AGUA DE SUPERFICIE AGUA PURIFICADA - AGUA DE REFINERIAS |
| Muestreado por: <input type="checkbox"/> ALAB <input checked="" type="checkbox"/> Cliente | |

Observaciones / Comentarios:

Anexo 5. Resultados de análisis de calidad de agua



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-19882

N° id.: 0000119545

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

| | |
|------------------|--|
| 1.- RAZON SOCIAL | : Danglit Neydy Gálvez Jara |
| 2.- DIRECCIÓN | : Universidad Nacional De San Martín - FECOL |
| 3.- PROYECTO | : CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA CAPTACION DEL CENTRO POBLADO LA LIBERTAD DEL BAJO MAYO, LAMAS, 2024 |
| 4.- PROCEDENCIA | : CAPTACION LIBERTAD DEL BAJO MAYO-LAMAS-SAN MARTIN |
| 5.- SOLICITANTE | : GALVEZ JARA DANGLIT NEYDY |
| 6.- PRODUCTO | : Agua Natural |

II.- DATOS DEL SERVICIO

| | |
|---------------------------------|------------------------|
| 1.- ORDEN DE SERVICIO N° | : 0000004043-2024-0000 |
| 2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2024-08-01 |

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

| | |
|----------------------------|---|
| 1.- MUESTREO POR | : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA |
| 2.- NÚMERO DE MUESTRAS | : 1 |
| 3.- FECHA DE RECEPCIÓN | : 2024-07-15 |
| 4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN | : En buen estado de conservación y preservación |
| 5.- PERÍODO DE ENSAYO | : 2024-07-15 al 2024-08-01 |


Erika Aliaga Ibarra
Jefe de Laboratorio
CIP N° 100391


Marieni V. Rivera Castromonte
Supervisor de Laboratorio de
Microbiología e Hidrobiología
CBP N° 16639

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia. Pág.1 de 3

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chelaca N° 1877,
Bellevista - Callao
Telf.: (+51) 717 5602
Cel.: 977 515 129

SEDE ZARUMILLA
Prologación Zarumilla Mz. 02
L1-3, Bellevista - Callao
Telf.: (+51) 713 0609
Cel.: 937 111 379

SEDE ARQUIPA
COOP SIBURI Mz. E LL 9,
Arquipa
Telf.: (+564) 816 843
Cel.: 952 361 941

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G LL 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 952 617 762

SEDE TRUJILLO
Urb. Sol de Trujillo Mz. A LL 39,
Año Salaverry - Trujillo
Telf.: (+51) 713 0636
Cel.: 961 798 828

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-19882

N° Id.: 0000119545

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO | CONDICIÓN DE ACREDITACIÓN / LUGAR DE ANÁLISIS |
|--|---|--|---|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023. | Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test | INACAL LE - 096 CHALACA |
| pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. 2023. | pH Value Electrometric Method | SIN ACREDITACION CHALACA |
| Oxígeno Disuelto | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O G, 24th Ed. 2023. | Oxygen (Dissolved), Membrane Electrode Method. | SIN ACREDITACION CHALACA |
| Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F.2, 24th Ed. 2023. | Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Thermotolerant Coliforms and E.coli. | INACAL LE - 096 CHALACA |
| Metales Totales ICP-MS | Method 200.8, Revision 5.4 1994. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance: Bi, B, Ca, Ce, Cs, Fe, Ga, Ge, Hf, K, La, Li, Lu, Mg, Na, Nb, P, Rb, Si, Sn, Sr, Ta, Te, Ti, W, Yb, Zr), 2021. | Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry. | INACAL LE - 096 CHALACA |

SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

APHA : American Public Health Association

📍 SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chataca N° 1877,
Bellevista - Callao
Telf.: (+51) 717 5802
Cel.: 977 515 129

📍 SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. 02
L1 3, Bellevista - Callao
Telf.: (+51) 713 0636
Cel.: 907 111 379

📍 SEDE AREQUIPA

CDOP BIDSUR Mz. E LL 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 615 640
Cel.: 952 361 341

📍 SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G LL 17,
Distrito - Piura
Telf.: (+075) 542 335
Cel.: 952 017 792

📍 SEDE TRUJILLO

Urb. Sol de Trujillo Mz. A LL 29,
Alo Salaverry - Trujillo
Telf.: (+01) 710 0036
Cel.: 991 700 828

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-19882

N° Id.: 0000119545

V.- RESULTADOS

| ITEM | 1 | | | |
|--|------------------------|----------|----------|------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO | M-24-60552 | | | |
| CÓDIGO CLIENTE ^(*) | CAPTACION | | | |
| COORDENADAS - UTM WGS 84 ^(*) | E:0296669 N:9327212 | | | |
| PRODUCTO ^(*) | Agua Natural | | | |
| SUB PRODUCTO ^(*) | Agua Superficial | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*) | 14-07-2024 15:15 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS |
| Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) (*) | NMP/100mL | NA | 1,8 | 33,0 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (*) | mg/L | 0,4 | 2,0 | <2,0 |
| Oxígeno Disuelto (*) | mg DO/L | NA | 0,10 | 7,31 |
| pH (**) | Unidad de pH | NA | 0,01 | 6,33 |
| Metales Totales ICP-MS | | | | |
| Arsénico (*) | mg/L | 0,0002 | 0,0010 | <0,0010 |
| Cadmio (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0002 | <0,0002 |
| Cobre (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0002 | 0,0023 |
| Cromo (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0003 | <0,0003 |
| Hierro (*) | mg/L | 0,0010 | 0,0020 | 0,2238 |
| Manganeso (*) | mg/L | 0,00002 | 0,00005 | <0,00005 |
| Mercurio (*) | mg/L | 0,000033 | 0,000100 | <0,000100 |
| Plomo (*) | mg/L | 0,0008 | 0,0010 | <0,0010 |
| Zinc (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0002 | 0,0022 |

^(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "x" = Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

^(*)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.3 de 3

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chacabaz N° 1877,
Beltrando - Callao
Telf.: (+01) 717 5802
Cel.: 977 515 125

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. 02
L. 3. Beltrando - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 927 111 379

SEDE AREQUIPA

COOP BIDSURI Mz. E 11, 8,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 361 941

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G 11, 17,
Castillo - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 952 817 782

SEDE TRUJILLO

Urb. Sol de Trujillo Mz. A 11, 20,
Alto Saussemy - Trujillo
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 961 788 828

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-24138

N° Id.: 0000123801

V.- RESULTADOS

| ITEM | 1 | | | |
|---|------------------------------|----------|----------|------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO | M-24-71299 | | | |
| CÓDIGO CLIENTE ⁽¹⁾ | CAPTACION | | | |
| COORDENADAS - UTM WGS 84 ⁽²⁾ | E:0296669.00 N:9327212.00 | | | |
| PRODUCTO ⁽³⁾ | Agua Natural | | | |
| SUB PRODUCTO ⁽⁴⁾ | Agua Superficial | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO ⁽⁵⁾ | 21-08-2024 10:00 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS |
| Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) (*) | NMP/100mL | NA | 1,8 | 79,0 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (*) | mg/L | 0,4 | 2,0 | 2,7 |
| Oxígeno Disuelto (*) | mg DO/L | NA | 0,10 | 7,81 |
| pH (*) | Unidad de pH | NA | 0,01 | 6,85 |
| Metales Totales ICP-MS | | | | |
| Arsénico (*) | mg/L | 0,0002 | 0,0010 | <0,0010 |
| Cadmio (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0002 | <0,0002 |
| Cobre (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0002 | <0,0002 |
| Cromo (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0003 | <0,0003 |
| Hierro (*) | mg/L | 0,0010 | 0,0020 | 0,2091 |
| Manganeso (*) | mg/L | 0,00002 | 0,00005 | <0,00005 |
| Mercurio (*) | mg/L | 0,000033 | 0,000100 | <0,000100 |
| Plomo (*) | mg/L | 0,0008 | 0,0010 | <0,0010 |
| Zinc (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0002 | 0,0296 |

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

⁽²⁾ Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pag 3 de 3

◆ SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chacaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Tel.: (+51) 717 5409
Cel.: 877 915 126

◆ SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. 02
Ll. 3, Bellavista - Callao
Tel.: (+51) 712 0038
Cel.: 807 111 379

◆ SEDE AREQUIPA
COOP. BIDSUR Mz. E 11, 9,
Arequipa
Tel.: (+54) 816 843
Cel.: 902 361 941

◆ SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G 11, 17,
Castillo - Piura
Tel.: (+51) 542 335
Cel.: 902 617 762

◆ SEDE TRUJILLO
Urb. Sol de Trujillo Mz. A 11, 26,
Abra Salaverry - Trujillo
Tel.: (+51) 713 0636
Cel.: 981 798 826

 www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-25642

N° Id.: 0000124101

V.- RESULTADOS

| ITEM | 1 |
|---|------------------------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO | M-24-79453 |
| CÓDIGO CLIENTE ⁽¹⁾ | CAPTACION |
| COORDENADAS - UTM WGS 84 ⁽²⁾ | E:0296669.00 N:9327212.00 |
| PRODUCTO ⁽³⁾ | Agua Natural |
| SUB PRODUCTO ⁽⁴⁾ | Agua Superficial |
| FECHA y HORA DE MUESTREO ⁽⁵⁾ | 13-09-2024 12:10 |

| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS |
|---|--------------|----------|----------|------------|
| Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) (*) | NMP/100mL | NA | 1,8 | 45,0 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (*) | mg/L | 0,4 | 2,0 | <2,3 |
| Oxígeno Disuelto (**) | mg DO/L | NA | 0,10 | 7,35 |
| pH (**) | Unidad de pH | NA | 0,01 | 6,56 |
| Metales Totales ICP-MS | | | | |
| Arsénico (*) | mg/L | 0,0002 | 0,0010 | <0,0010 |
| Cadmio (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0002 | <0,0002 |
| Cobre (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0002 | 0,0020 |
| Cromo (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0003 | <0,0003 |
| Hierro (*) | mg/L | 0,0010 | 0,0020 | 0,2156 |
| Manganeso (*) | mg/L | 0,00002 | 0,00005 | <0,00005 |
| Mercurio (*) | mg/L | 0,000033 | 0,000100 | <0,000100 |
| Piombo (*) | mg/L | 0,0008 | 0,0010 | <0,0010 |
| Zinc (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0002 | 0,0138 |

(1) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(2) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

(5) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.3 de 3

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chelaca N° 1877,
Belavista - Callao
Tel: (+51) 717 9839
Cel: 977 518 188

SEDE ZANJAMILLA

Prolongación Zanujilla Mz. 02
U. 3, Belavista - Callao
Tel: (+51) 713 9038
Cel: 937 111 376

SEDE AREQUIPA

COOP SIESUR Mz. F.L. 9,
Arequipa
Tel: (+51) 816 843
Cel: 952 361 841

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G.L. 17,
Castillo - Piura
Tel: (+51) 542 339
Cel: 952 617 792

SEDE TRUJILLO

Urb. Sol de Trujillo Mz. A.L. 26,
Alo: Salsaverry - Trujillo
Tel: (+51) 713 9006
Cel: 981 708 628

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-26537

N° Id.: 0000124671

V.- RESULTADOS

| ITEM | 1 |
|---|------------------------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO | M-24-82325 |
| CÓDIGO CLIENTE ⁽¹⁾ | CAPTACION |
| COORDENADAS - UTM WGS 84 ⁽²⁾ | E:0296669.00 N:9327212.00 |
| PRODUCTO ⁽³⁾ | Agua Natural |
| SUB PRODUCTO ⁽⁴⁾ | Agua Superficial |
| FECHA y HORA DE MUESTREO ⁽⁵⁾ | 10-10-2024 11:24 |

| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS |
|---|--------------|----------|----------|------------|
| Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) (*) | NMP/100mL | NA | 1,8 | 37,0 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (**) | mg/L | 0,4 | 2,0 | <2,0 |
| Oxígeno Disuelto (**) | mg DO/L | NA | 0,10 | 7,33 |
| pH (**) | Unidad de pH | NA | 0,01 | 6,45 |
| Metales Totales ICP-MS | | | | |
| Arsénico (*) | mg/L | 0,0002 | 0,0010 | <0,0010 |
| Cadmio (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0002 | <0,0002 |
| Cobre (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0002 | 0,0021 |
| Cromo (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0003 | <0,0003 |
| Hierro (*) | mg/L | 0,0010 | 0,0020 | 0,2120 |
| Manganeso (*) | mg/L | 0,00002 | 0,00005 | <0,00005 |
| Mercurio (*) | mg/L | 0,000033 | 0,000100 | <0,000100 |
| Plomo (*) | mg/L | 0,0008 | 0,0010 | <0,0010 |
| Zinc (*) | mg/L | 0,0001 | 0,0002 | 0,0173 |

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

⁽²⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado.

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<="= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

⁽³⁾ Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág. 3 de 3

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chica N° 1877,
Bellevista - Callao
Tel.: (+51) 717 8029
Cel.: 977 616 129

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D9
U. 3, Bellevista - Callao
Tel.: (+51) 713 0006
Cel.: 937 117 379

SEDE ARIQUIPA
COOP 9090/R Mz. E L1 9,
Potosí
Tel.: (+564) 918 843
Cel.: 962 361 941

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G L1 17,
Cayash - Piura
Tel.: (+073) 542 338
Cel.: 962 617 792

SEDE TRUJILLO
Urb. Sol de Trujillo Mz. A L1 26,
Alto Selvaery - Trujillo
Tel.: (+51) 713 0638
Cel.: 961 798 828

www.alab.com.pe

Anexo 6. Registro fotográfico



Fotografía 1. Visita a la captación en compañía de los miembros de la JASS.



Fotografía 2. Captación de agua para consumo humano del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo.



Fotografía 3. Toma de muestras de agua de consumo humano en la captación.



Fotografía 4. Toma de muestras de agua de consumo humano en la captación.



Fotografía 5. Preservación de muestras de metales totales con HNO_3 .



Fotografía 6. Rotulado de frascos con muestras de agua para consumo humano.



Fotografía 7. Rotulado de frascos con muestras de agua para consumo humano.



Fotografía 8. Muestras de agua de consumo humano colocados en el cooler para su traslado al laboratorio.

Danglit Neydy Gálvez Jara

Calidad del agua para consumo humano en la captación del centro poblado La Libertad del Bajo Mayo, Lamas, 2024

Revisión Repositorio Institucional UNSM

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:488390712

Fecha de entrega

29 ago 2025, 10:15 GMT-5

Fecha de descarga

29 ago 2025, 10:18 GMT-5

Nombre del archivo

Informe final de tesis Danglit Neydi-1.pdf

Tamaño del archivo

2.6 MB

67 páginas

14.952 palabras

83.501 caracteres




18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para es...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 16%  Fuentes de Internet
- 8%  Publicaciones
- 12%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.