

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACIÓN DE**  
**SUELO Y AGUA**



**CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS SISTEMAS DE**  
**ABASTECIMIENTO SEDA HUANUCO ZONA CASTILLO GRANDE Y CENTRO**  
**POBLADO PICUROYACU DISTRITO CASTILLO GRANDE, LEONCIO PRADO**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

**PRESENTADO POR:**

**LACHOS CHUPILLON LEIDY**

**Tingo María – Perú**

**2024**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 102-2024-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 19 de setiembre de 2024, a horas 4:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO SEDA HUÁNUCO ZONA CASTILLO GRANDE Y CENTRO POBLADO PICUROYACU DISTRITO CASTILLO GRANDE, LEONCIO PRADO”**

Presentado por la Bachiller: **LACHOS CHUPILLON, LEIDY**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 04 de octubre de 2024

**Dr. WILFREDO ALVA VALDIVIEZO**  
**PRESIDENTE**

**Dr. SANDRO JUNIOR RUIZ CASTRE**  
**MIEMBRO**

**Ing. JAIME TORRES GARCÍA**  
**MIEMBRO**



**Ing. MSc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO**  
**ASESOR**

**Ing. CAROLYN BARDALES TURPO**  
**ASESORA**



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 303 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO SEDA HUANUCO ZONA CASTILLO GRANDE Y CENTRO POBLADO PICUROYACU DISTRITO CASTILLO GRANDE, LEONCIO PRADO	LACHOS CHUPILLON LEIDY	20 % Veinte

Tingo María, 24 de octubre de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui  
JEFE

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACION  
OFICINA DE INVESTIGACION**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL  
TITULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE  
Y TESISISTA**

**(Resol. N° 113-2019-CU-R-UNAS)**

**I. Datos Generales de Pregrado**

<b>Universidad</b>	: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
<b>Facultad</b>	: Facultad de Recursos Naturales Renovables.
<b>Título de tesis</b>	: Calidad del agua para consumo poblacional de los sistemas de abastecimiento Seda Huánuco zona Castillo Grande y centro poblado Picuroyacu distrito Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado.
<b>Autor</b>	: Leidy Lachos Chupillon
<b>Asesor de tesis</b>	: Ing. MSc. Juan Pablo Rengifo Trigozo Ing. Carolyn V. Bardarles Turpo
<b>Escuela Profesional</b>	: Ingeniería en Conservación de suelos y agua
<b>Programa de investigación</b>	: Gestión de Cuencas Hidrográficas
<b>Línea(s) de investigación</b>	: Gestión de los Recursos Hídricos
<b>Eje Temático</b>	: Análisis de la gestión de la calidad del agua
<b>Lugar de ejecución</b>	: Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado
<b>Duración</b>	: 06 meses
<b>Financiamiento</b>	: Propio

**Tingo María, Perú, 2024.**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'J. P. Rengifo Trigozo'.

Ing. MSc. Juan Pablo Rengifo Trigozo.

**Asesor**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carolyn Bardales Turpo'.

Ing. Carolyn Bardales Turpo.

**Asesora**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Leidy Lachos Chupillon'.

Leidy Lachos Chupillon

**Tesisista**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios por todas las bendiciones derramadas sobre mi cada día de mi vida: muchos momentos con caminos llenos de felicidad y otros muy duros llenos de lágrimas que me han enseñado a tener tolerancia, paciencia que sé con toda seguridad me servirán para enfrentar y resolver positivamente los retos que me presente la vida siendo un mejor ser humano y permitirme que logre mi objetivo y haberme dado perseverancia, la vida, salud y sabiduría

A mis padres Doraliza Chupillon y Fidencio Lachos por el apoyo incondicional y los sabios consejos y valores que supieron inculcarme desde muy pequeña y crear en mí una mujer fuerte y todo terreno que no tiene miedo a nada y que está dispuesta a superar cualquier obstáculo que se presente en el camino, por creer siempre en mí.

A mis hermanos menores Theilor Jhoel, Jauner Samuel, porque son mi principal soporte y motivación en muchos momentos difíciles lejos de ustedes lo cual me volvió fuerte y entender que mientras más difíciles las cosas al inicio, más satisfactoria se vuelve la recompensa.

## AGRADECIMIENTO

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este, Por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, en mi educación, tanto como en la vida, y por su incondicional apoyo. a los dos por enseñarme que, todo acontecimiento sucedido solo es por voluntad de Dios y gracias por todos los sacrificios que han hecho para que sus tres hijos puedan ser unas personas de bien.

A mi Asesor Al Ing. M.Sc. Juan Pablo Rengifo Trigozo por el apoyo que ha brindado, por el respeto, sugerencias e ideas, dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas a realizar esta investigación, por el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo, por las sugerencias y correcciones en el planteamiento de la investigación y el desarrollo de esta para la presentación de los resultados.

A mi asesora Ingeniera Carolyn V. Bardales Turpo, Por darme el empuje para iniciar con el proyecto de investigación, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante el desarrollo de la tesis, por darme la oportunidad de trabajar y aprender cosas nuevas a su lado y brindarme su amistad.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería en conservación suelos y agua, Facultad de recursos naturales renovables, A mi Alma Mater “Universidad Nacional agraria de la selva” por la formación profesional brindada y haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, gracias por la confianza ofrecida desde que llegué a esta escuela profesional. ¡Muchas gracias!

A mi hermano Jauner S. Quien me brindo su apoyo y fortaleza durante el desarrollo de actividades en campo. me acompañaste en una etapa muy difícil, tuviste que aprender e independizarte y darte que cuenta que la vida no es nada fácil, pero me ayudaste más que nadie, me hacías sonreír, enojar y valorar cada segundo que tenía a tu lado; Busco mi superación para que ustedes mis hermanos y nuestros padres se sientan orgullosos de la hija y hermana que la vida les dio y sepas que, aún con adversidades y sufrimiento podemos lograr grandes cosas cuando de verdad nos lo proponemos. ¡Los Amo hermanos!

A Kepler R. A. por ser parte fundamental en mi vida, pero sobre todo a ser mi confidente y compañero travesía de realización de mi tesis y me apoya en cada paso, me ayuda a crecer, me inspira a ser mejor cada día, recordándome siempre cuán valiosa y capaz soy. Fuiste, eres y serás mi amor bonito, mi compañero y mi confidente fiel.

A mi amiga, compañera Lidia Guevara V., por su comprensión y ayuda intensa en la vida universitaria el destino supo que nosotras debíamos hacer un gran equipo, aún con todas sus ocupaciones y compromisos dedicaste de tu tiempo para ayudarme y de corazón le pido a

dios que nuestra amistad perdure por siempre. ¡Muchas gracias, mi bella amiga!

A mi amigo Kevin Sajami Taquio, gracias por estar ahí para mí, por tu apoyo en los buenos y en los malos momentos. Gracias por compartir bonitos momentos de sus vidas conmigo y por dejarme ser parte de las tuyas. Espero que nuestra amistad perdure por siempre y que sigamos siempre en comunicación.

A Yesica R. A., Ara, sebas y a toda su familia por acogerme en su humilde hogar y por apoyarme siempre. Por ser parte de este proceso tan importante para mí.

A Julissa S. S. por haberme impulsado a estudiar y lograr con mi objetivo, por aquellos consejos y gritadas que en el momento pensé “Juli no me quiere” pero hoy me doy cuenta el cariño y aprecio que me tenías, a veces la única salida para hacer entrar en razón a las personas que realmente queremos, que nos consideren los malos, no importa con tal que logren superarse.

A mi tía Lila Chupillon y sus hijos por el cariño y apoyo que me dan, por cada ocurrencia suya y sacaban una sonrisa en momentos difíciles.

A mis dos seres vivos que estuvieron ahí acompañándome en cada momento con cada travesura y con cara de yo no fui cuando claramente si eran, por estar en vela junto a mi “Zeus y Barbie”

A mis amigos que, por medio de sus valiosos comentarios y siempre buena disposición, ayudaron con la culminación de este trabajo de investigación. A todos mis familiares por el apoyo que siempre me brindaron, y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta tesis, a los cuales hago extensivo mis más sinceros agradecimientos.

A la empresa EPS SEDA HUANUCO – SUCURSAL LEONCIO PRADO por su colaboración y apoyo en la realización de la parte experimental de esta tesis, en especial a la Ingeniera Carolyn Verónica Bardales Turpo, así como también al especialista del área operacional Ing. Julio Cárdenas Vega.

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Hipótesis.....	2
1.1. Objetivo general .....	2
1.2. Objetivos específicos .....	2
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	5
2.1. Marco teórico .....	5
2.1.1. Agua.....	5
2.1.2. Calidad de agua superficial .....	5
2.1.3. Calidad del agua para consumo humano .....	5
2.1.4. Parámetros del agua.....	5
2.1.5. Parámetros organolépticos del agua .....	6
2.1.6. Parámetros físicos del agua.....	7
2.1.7. Parámetros químicos del agua.....	7
2.1.8. Parámetros microbiológicos del agua.....	14
2.1.9. Sistema de abastecimiento de agua para consumo humano.....	18
2.1.10. Vigilancia sanitaria y control de calidad del agua para consumo humano.....	19
2.1.11. Desinfección de agua para consumo.....	20
Tabla 2. Métodos de desinfección del agua. ....	20
Tabla 3. Características de los compuestos de cloro. ....	21
2.1.12. Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS).....	21
2.1.13. Marco legal para la evaluación de la calidad de agua .....	22
2.1.14. Contaminación del agua.....	23
2.1.15. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano .....	23
2.2. Estado del arte .....	24

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Ubicación de la zona de estudio .....	27
3.2. Materiales y equipos .....	28
3.3. Tipo y nivel de investigación .....	29
3.4. Variables en estudio.....	29
3.5. Población y muestra.....	31
3.6. Métodos.....	32
3.7. Diseño de muestreo.....	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	38
V. CONCLUSIONES .....	92
VI. PROPUESTAS A FUTURO .....	93
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

1. Clasificación de la dureza por $\text{CaCO}_3$ en el agua.....	10
2. Métodos de desinfección del agua. ....	20
3. Características de los compuestos de cloro. ....	21
4. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica- DIGESA. ....	23
5. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitólogos- DIGESA. ....	24
6. Coordenadas UTM de los puntos de muestreo. ....	27
7. Variables Dependientes e Indicadores. ....	30
8. Variables Independientes e Indicadores. ....	30
9. Parámetros fisicoquímicos para muestreo. ....	35
10. Parámetros microbiológicos para muestreo. ....	36
11. Datos recolectados para el color del agua (UCV escala Pt/Co) para consumo poblacional en Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu. ....	38
12. Datos para la turbiedad del agua (UNT) para consumo poblacional suministrado por SEDA Huánuco. ....	40
13. Datos del pH del agua para consumo humano.....	42
14. Datos de la conductividad del agua para consumo humano. ....	44
15. Datos del cloro residual del agua ( $\text{mg L}^{-1}$ ) para consumo humano. ....	46
16. Datos de los cloruros del agua ( $\text{mg Cl}^{-1}$ ) para consumo humano. ....	47
17. Datos de los sulfatos del agua ( $\text{mg SO}_4=\text{L}^{-1}$ ) para consumo humano.....	49
18. Datos de la dureza total del agua ( $\text{mg Ca CO}_3 \text{ L}^{-1}$ ) para consumo humano.....	51
19. Datos del hierro del agua ( $\text{mg Fe L}^{-1}$ ) para consumo humano. ....	53
20. Datos del manganeso del agua ( $\text{mg Mn L}^{-1}$ ) para consumo.....	55
21. Datos del aluminio del agua ( $\text{mg Al L}^{-1}$ ) para consumo humano.....	57
22. Datos del cobre del agua ( $\text{mg Cu L}^{-1}$ ) para consumo humano. ....	58
23. Datos recolectados para el zinc del agua ( $\text{mg Zn L}^{-1}$ ) para consumo.....	60
24. Datos recolectados para el arsénico del agua ( $\text{mg As L}^{-1}$ ) para consumo.....	62
25. Datos recolectados para los nitratos del agua ( $\text{mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ ) para consumo humano. ....	64
26. Datos recolectados para las bacterias coliformes totales del agua (UFC/100 mL a $35^\circ\text{C}$ ) para consumo humano.....	66
27. Datos recolectados para las bacterias coliformes termotolerantes o fecales del agua (UFC/100 mL a $44.5^\circ\text{C}$ ) para consumo humano. ....	68
28. Datos recolectados para las bacterias heterotróficas del agua (UFC/100 mL a $35^\circ\text{C}$ ) para consumo humano. ....	70
29. Datos recolectados para las bacterias E. coli del agua (UFC/100 mL a $44.5^\circ\text{C}$ ) para consumo humano. ....	72

30. Datos de calidad organoléptica y físicos promedio del agua para consumo humano. ....	74
31. Datos químicos promedio del agua para consumo.....	78
32. Datos microbiológicos promedio del agua para consumo. ....	87
33. Análisis físico de la investigación distrito de Castillo Grande y el centro poblado de Picuroyacu .... .....	104
34. Análisis químico de la investigación distrito de Castillo Grande y el centro poblado de Picuroyacu .....	106
35. Análisis bacteriológico de la investigación distrito de Castillo Grande y el centro poblado de Picuroyacu .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Organización de las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS). .....	22
2. Diseño de muestreo por cada fuente de agua.....	37
3. Datos para el color del agua (UCV escala Pt/Co) para consumo poblacional. ....	39
4. Datos para la turbiedad del agua (UNT) para consumo poblacional.....	41
5. Datos para el pH del agua para consumo poblacional en Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu.....	43
6. Datos de la conductividad del agua ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) para consumo poblacional. ....	45
7. Datos del cloro residual del agua ( $\text{mg L}^{-1}$ ) para consumo poblacional. ....	47
8. Datos del cloruro del agua ( $\text{mg Cl}^{-1} \text{ L}^{-1}$ ) para consumo poblacional. ....	49
9. Datos del sulfato del agua ( $\text{SO}_4=\text{L}^{-1}$ ) para consumo. ....	50
10. Datos de la dureza total del agua ( $\text{mg Ca CO}_3 \text{ L}^{-1}$ ) para consumo poblacional. ....	52
11. Datos del hierro del agua ( $\text{mg Fe L}^{-1}$ ) para consumo poblacional. ....	54
12. Datos del manganeso del agua ( $\text{mg Mn L}^{-1}$ ) para consumo poblacional.....	56
13. Datos del aluminio del agua ( $\text{mg Al L}^{-1}$ ) para consumo.....	58
14. Datos del cobre del agua ( $\text{mg Cu L}^{-1}$ ) para consumo poblacional. ....	60
15. Datos para el zinc del agua ( $\text{mg Zn L}^{-1}$ ) para consumo poblacional. ....	61
16. Datos para el arsénico del agua ( $\text{mg As L}^{-1}$ ) para consumo.....	63
17. Datos para el nitrato del agua ( $\text{mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ ) para consumo poblacional. ....	65
18. Datos para los coliformes totales del agua (UFC/100 mL a $35^\circ\text{C}$ ) para consumo poblacional. ....	67
19. Datos para los coliformes termotolerantes o fecales del agua (UFC/100 mL a $44.5^\circ\text{C}$ ) para consumo poblacional. ....	69
20. Datos para las bacterias heterotróficas del agua (UFC/100 mL a $35^\circ\text{C}$ ) para consumo poblacional.. ..	71
21. Datos para la bacteria <i>E. coli</i> del agua (UFC/100 mL a $44.5^\circ\text{C}$ ) para consumo poblacional. ....	73
22. Datos para el color, turbiedad, pH y conductividad del agua para consumo poblacional en Castillo Grande y el centro poblado de Picuroyacu comparado con los LMP del Decreto Supremo N° 031-2010-S.A. ....	78
23. Datos para los parámetros químicos del agua para consumo poblacional en Castillo Grande y el centro poblado de Picuroyacu comparado con los LMP del Decreto Supremo N° 031-2010-S.A. ....	87
24. Datos para los parámetros microbiológicos del agua para consumo poblacional en Castillo Grande y el centro poblado de Picuroyacu comparado con los LMP del Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.....	91

## RESUMEN

La investigación se basa en el sistema de abastecimiento de agua para consumo poblacional gestionado por Seda Huánuco en la zona de Castillo Grande y el centro poblado Picuruyacu, ambos en el distrito de Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. La Junta Administradora de Servicio de Saneamiento (JASS) participa activamente en la prestación de este servicio. El análisis de los parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos del agua suministrada revela que la calidad del agua es mayormente aceptable y se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos en el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.). El color (5 UCV) y la turbidez (1,52 UNT) indican que el agua es visualmente aceptable. El pH de 7,74 se encuentra dentro del rango recomendado (6,5-8,5), mientras que la conductividad eléctrica de 503,28  $\mu\text{S}/\text{cm}$  está por debajo del límite máximo permitido de 1,500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , reflejando niveles adecuados de sales disueltas. La dureza total de 281,20 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  sugiere agua moderadamente dura. En cuanto a los parámetros químicos, el cloro residual (1,09 mg/L), cloruros (40,74 mg/L), sulfatos (34,50 mg/L), hierro (0,03 mg/L), manganeso (0,31 mg/L), aluminio (0,06 mg/L), cobre (0,16 mg/L), zinc (0,18 mg/L), arsénico (0,0001 mg/L) y nitratos (1,15 mg/L) están dentro de los límites normativos, lo que indica que el agua cumple con los estándares de calidad en este aspecto. Los parámetros microbiológicos, como las bacterias coliformes totales (34,50 UFC/100 mL a 35°C), coliformes termotolerantes (20,83 UFC/100 mL a 44,5°C), bacterias heterotróficas (223,67 UFC/100 mL a 35°C) y *Escherichia coli* (0,17 UFC/100 mL a 44,5°C), aunque cumplen mayormente con los estándares, requieren una desinfección constante para garantizar la seguridad del agua en todas las zonas evaluadas.

**Palabras clave:** Abastecimiento, Castillo Grande, Picuroyacu, calidad, parámetros, desinfección.

## **ABSTRACT**

### **The Quality of the Water for Human Consumption in the Supply Systems from Seda Huánuco in the Castillo Grande Zone and the Town of Picuroyaco in the Castillo Grande District of Leoncio Prado**

The research was based on the supply system of water for consumption by the population in the Castillo Grande zone and in the town of Picuroyaco, both in the Castillo Grande district of the Leoncio Prado province in the Huánuco region [of Peru], [which is] managed by Seda Huanuco, The administrative board for health services (JASS – acronym in Spanish) actively participates in this service being offered. The analysis of the organoleptic, physical, chemical, and microbiological parameters of the water that is supplied revealed that the quality of the water was mostly acceptable and that it was found [to be] within the allowable limits established in the quality of water for human consumption rules (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.). The color (5 UCV) and turbidity (1.52 UNT) indicated that the water was visually acceptable. The pH of 7.74 was found to be within the recommended range (6.5 – 8.5), while the electrical conductivity of 503.28  $\mu\text{S}/\text{cm}$  was below the maximum allowable limit of 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , reflecting adequate levels of dissolved salts. The total firmness of 281.20 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  suggested moderately hard water. With respect to the chemical parameters, the residual chlorine (1.09 mg/L), chlorides (40.74 mg/L), sulphates (34.50 mg/L), iron (0.03 mg/L), magnesium (0.31 mg/L), aluminum (0.06 mg/L), copper (0.16 mg/L), zinc (0.18 mg/L), arsenic (0.0001 mg/L), and nitrates (1.15 mg/L) were within the standard limits, which indicates that the water complied with the quality standards, in this aspect. The microbiological parameters, such as the total bacteria coliforms (34.50 UFC/100 mL at 35°C), thermotolerant coliforms (20.83 UFC/100 mL at 44.5°C), heterotrophic bacteria (223.67 UFC/100 mL at 35°C), and *Escherichia coli* (0.17 UFC/100 mL at 44.5°C), even though they mostly comply with the standards, they require constant disinfection in order to guarantee the security of the water in all of the zones that were evaluated.

Keywords: supply, Castillo Grande, Picuroyacu, quality, parameters, disinfection

## I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial y limitado para los seres humanos. Además de ser vital para la vida, impulsa el desarrollo regional. Si no se trata, puede provocar numerosas enfermedades en niños y adultos, mientras que el agua tratada es segura para el consumo humano, independientemente de su uso.

Las comunidades se establecen cerca de fuentes de agua naturales, utilizándola de diversas maneras. La falta de conocimientos sobre su manejo puede generar contaminación. El impacto en la salud se asocia a la calidad del agua, ya que las alteraciones de sus parámetros organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas, así como la presencia de contaminantes, puede causar enfermedades en humanos y animales e interferir en las actividades domésticas.

El uso del agua se torna indispensable para la realización de las actividades básicas de las personas, el distrito de Castillo Grande, no está ajena a esta problemática de contaminación, debido a que la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) y EPS Seda Huánuco S.A. son los encargados de la prestación y contribución en forma sostenible los servicios de Agua potable de la zona Castillo Grande quienes hacen uso de este vital elemento, lugar donde se evaluará la calidad del agua que consume la población, priorizando el derecho de uso de agua para consumo directo. Para ello se plantea la siguiente interrogante ¿Cuál será la calidad del agua para consumo humano de los sistemas de abastecimiento EPS Seda Huánuco S.A. zona Castillo Grande y centro poblado Picuroyacu distrito Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado?

La investigación aborda cómo el agua destinada para consumo humano puede contaminarse al llegar al consumidor debido a conexiones cruzadas, roturas en las tuberías del sistema de distribución, instalaciones domiciliarias, reservorios sin tratamiento, grifos dañados y la falta de medidas de seguridad durante la instalación o reparación de tuberías.

La investigación se justifica porque la empresa prestadora de servicios de agua potable y alcantarillado Seda Huánuco, brinda un servicio eficiente, contribuye permanentemente a la salud y bienestar de la población de Castillo Grande. El centro poblado Picuroyacu se eligió porque es una fuente superficial y se desea realizar el análisis de las muestras de agua para

conocer la calidad de agua que está consumiendo dicha población si están dentro de los parámetros de los Límites Máximos Permisibles, los resultados servirán para comparar si el agua consumida por las poblaciones abastecidas por el sistema de abastecimiento EPS Seda Huánuco S.A zona Castillo Grande y la JASS del centro poblado Picuroyacu cumplen con los requisitos establecidos en el reglamento de Calidad de agua para consumo poblacional y permita tomar medidas correctivas requeridas para las etapas de tratamiento usando insumos químicos necesarios de manera adecuada y convirtiéndose en un referente para las demás poblaciones de los distritos de Leoncio Prado, quienes podrán hacer uso de estos lineamientos.

### **1.1. Hipótesis**

Ho: La calidad del agua para consumo Humano de los sistemas de abastecimiento EPS Seda Huánuco S.A zona Castillo Grande y centro poblado Picuroyacu no es buena según los Límites Máximo Permisible del Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano en el distrito Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado.

Ha: La calidad del agua para consumo Humano de los sistemas de abastecimiento EPS Seda Huánuco S.A zona Castillo Grande y centro poblado Picuroyacu es buena según Límites Máximo Permisible del Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano en el distrito Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado.

### **1.1. Objetivo general**

Evaluar la calidad del agua para consumo humano de los sistemas de abastecimiento EPS Seda Huánuco S.A zona Castillo Grande y centro poblado Picuroyacu distrito Castillo Grande, Leoncio Prado.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Estimar la concentración de los parámetros organolépticos (olor y sabor), físicos (turbidez, color pH, temperatura, conductividad eléctrica), químicos (cloro residual, dureza total aluminio, arsénico, zinc, cloruros, cobre, hierro, manganeso, nitratos y sulfatos) y los microbiológicos (bacterias coliformes totales, coliformes termotolerantes, bacterias heterotróficas y escherichia coli) del agua para consumo poblacional suministrado por EPS Seda Huánuco S.A zona urbana Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu distrito Castillo Grande.
- Comparar la concentración de los parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos del agua para consumo poblacional suministrado por Seda Huánuco

zona Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu con los límites máximos permisibles, Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano. (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.).

## **II. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **2.1. Marco teórico**

#### **2.1.1. Agua**

Diaz (2019) sostiene que, en la realidad, pensamos en el agua como una disolución acuosa con suspensiones de compuestos inorgánicos y orgánicos como las que componen el agua de lluvia, el agua de mar, lagos y ríos como agua. Mientras que para Andrade et al. (2021) el agua es un recurso limitado y esencial para la supervivencia de los seres humanos y de varias otras especies, por lo que su calidad se convierte en una preocupación mundial, ya que se inserta en diversas actividades, como la generación de energía, el abastecimiento público, la producción industrial, la producción agrícola, así como recreación y paisajismo.

#### **2.1.2. Calidad de agua superficial**

Las fuentes de aguas superficiales incluyen aguas pluviales, escorrentías y crecientes de aguas subterráneas o manantiales. Es crucial evaluar su calidad mediante la medición de contaminantes, lo que facilita entender el impacto de diversas actividades en la calidad del agua (Geraldo, 2007). Lloclla (2020) define la calidad del agua como un conjunto de parámetros y condiciones del líquido en su uso, ya sea en su estado natural o después de su alteración, utilizando parámetros e indicadores para su descripción. Para Puente et al. (2023) La calidad del agua describe su estado en términos de parámetros fisicoquímicos y biológicos, permitiendo su uso para fines específicos. Esto significa que las propiedades requeridas para el consumo humano no son las mismas que las requeridas para sustentar la vida acuática o para fines recreativos o de riego.

#### **2.1.3. Calidad del agua para consumo humano**

Para determinar si un agua es adecuada para un uso específico, su calidad debe evaluarse según esa finalidad. Se considera que el agua está contaminada cuando presenta alteraciones que dañan su uso potencial o real. La evaluación de la calidad del agua se lleva a cabo mediante técnicas analíticas apropiadas para cada situación (CEPIS/OPS, 2004).

#### **2.1.4. Parámetros del agua**

El agua tiene características ambientales que están determinados por parámetros organolépticos, parámetros físicos, parámetros químicos, bacteriológicos y parámetros bioquímicos, estas determinan la calidad de agua de acuerdo con su uso.

## **2.1.5. Parámetros organolépticos del agua**

### **2.1.5.1. Olor y sabor**

El gusto y el olfato están se relacionan de forma íntima, ya que las papilas gustativas y olfativas detectan estímulos simultáneos y complementarios. Hay cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo, de los cuales se derivan todos los demás sabores. Los sabores y olores del agua pueden tener orígenes naturales, como gases y compuestos de organismos acuáticos, o artificiales, que son orgánicos o inorgánicos y sus fuentes son más fáciles de identificar (Marín, 2006). Díaz (2019) señala que su presencia se mide cualitativamente, siendo práctico actualmente evaluar las concentraciones de H<sub>2</sub>S.

### **2.1.5.2. Color**

La turbidez del agua puede estar relacionada o no con su color. Existen varios métodos para eliminar el color, siendo los principales la coagulación a través de componentes químicos como el alumbre y el sulfato férrico a pH bajos, así como las unidades de contacto o filtración ascendente (CEPIS/OPS, 2004).

Según Díaz (2019), su contribución en el muestreo de aguas radica en ofrecer descripciones útiles para el análisis de muestras y en detallar los estados físicos o estéticos de un cuerpo de agua.

### **2.1.5.3. Turbiedad o turbidez**

Palacios y Velastegui (2020) señalan que las escorrentías pluviales procedentes de zonas altas transportan partículas sólidas del suelo que aumentan la turbidez; además, un alto nivel de turbidez puede estar causado por el arrastre de tierra, hojas y sedimentos del lecho del canal. Noboa (2021) indica que la turbidez del agua resulta de materiales en suspensión, como arena, limos, arcillas, coloides orgánicos, plancton y otros microorganismos.

APHA, AWWA y WEF (2017) señalan que la turbiedad en el agua es a causa de la existencia de partículas suspendidas, como arcillas, limos y materia orgánica. Estas partículas pueden dificultar la efectividad de los procesos de desinfección si no se controlan adecuadamente. Aunque los niveles de turbiedad en Picuruyacu están dentro del límite permitido, es esencial monitorear este parámetro para evitar que aumente y afecte la calidad del agua.

Nathanson (2018) explica que la turbiedad no solo afecta la apariencia visual del agua, sino que también puede proteger a los microorganismos patógenos, dificultando su

eliminación durante la desinfección. Por lo tanto, aunque el valor más alto registrado en Picuroyacu es aceptable, es fundamental monitorear continuamente la turbiedad para evitar riesgos en la seguridad del agua.

Spellman (2014) indica que una turbiedad elevada puede ser un indicativo de problemas en la fuente de agua, como la escorrentía superficial o la contaminación por desechos industriales. Aunque el valor más alto de turbiedad en Picuroyacu no representa un riesgo inmediato, podría señalar la necesidad de analizar las condiciones de la fuente de agua para evitar aumentos futuros en la turbidez.

Gray (2010) menciona que la turbidez del agua puede interferir con los procesos de tratamiento, como la coagulación, filtración y desinfección. Aunque el nivel de 1.52 UNT en Picuroyacu está dentro de los límites permitidos, es importante mantener un control riguroso para asegurar que los procesos de tratamiento continúen siendo eficaces y que no se comprometa la calidad del agua suministrada.

### **2.1.6. Parámetros físicos del agua**

#### **2.1.6.1. pH**

Es una propiedad fundamental que señala el nivel de acidez o basicidad del agua. Generalmente, un pH menor a 6,0 se considera agresivo y corrosivo para los metales. Un pH ácido no siempre señala la existencia de ácidos, ya que algunas sales, como las de Al, generan un pH de 4 por hidrólisis. (CEPIS/OPS, 2004).

La OMS, WHO (2017) indica que el pH ideal para el agua potable debe situarse entre 6.5 y 8.5, ya que este rango minimiza los efectos corrosivos y la formación de depósitos en las tuberías y sistemas de distribución de agua.

#### **2.1.6.2. Conductividad eléctrica**

La conductividad mide la capacidad del agua para conducir electricidad, siendo la resistividad su inverso. Las unidades son microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) para la conductividad y Ohmio-m ( $\Omega\text{-m}$ ) para la resistividad. La temperatura afecta considerablemente la conductividad; para soluciones diluidas, un aumento de 1 °C puede aumentar la conductividad aproximadamente en un 2%. (CEPIS/OPS, 2004).

### **2.1.7. Parámetros químicos del agua**

Pocos elementos son significativos en el tratamiento del agua cruda para consumo humano o en su impacto en la salud. Seguidamente, se destacan las propiedades e

importancia de las características químicas básicas de las fuentes de abastecimiento (CEPIS/OPS, 2004).

#### **2.1.7.1. Cloro residual libre**

El cloro es el desinfectante que se utiliza más en el mundo para el agua de consumo, principalmente por su fuerte poder oxidante, que destruye agentes patógenos, especialmente bacterias, y compuestos que generan sabores desagradables en el agua (CEPIS/OPS, 2005).

De Zuane (1997) subraya que el cloro es un desinfectante altamente efectivo que juega un papel crucial en eliminar microorganismos patógenos en el agua potable. Mantener un nivel adecuado de cloro residual es fundamental para garantizar que el agua permanezca segura para el consumo durante su almacenamiento y distribución.

White (2010) menciona que el cloro es uno de los desinfectantes con mayor utilización al tratar el agua por su eficacia para eliminar microorganismos patógenos. Los valores de cloro residual entre 0.00 mg/L y 1.09 mg/L muestran variaciones en la eficacia de la desinfección en las distintas zonas, y los niveles más bajos, como los registrados en la captación de Picuruyacu, podrían representar un riesgo si no se mantiene un nivel suficiente de cloro residual para garantizar la seguridad del agua.

#### **2.1.7.2. Cloruros**

Las aguas superficiales generalmente no presentan altas concentraciones de cloruros, salvo en fuentes de terrenos salinos o acuíferos influenciados por corrientes marinas. Debido a su gran solubilidad, la eliminación de cloruros requiere métodos sofisticados y costosos. (CEPIS/OPS, 2004).

Snoeyink y Jenkins (1980) señalan que la presencia de cloruros en el agua se debe a la disolución de minerales o a la contaminación de origen marino o industrial. Aunque los cloruros en bajas concentraciones no representan un riesgo para la salud, su acumulación influye en el sabor del agua y aumentar la corrosión en las tuberías.

Viessman y Hammer (2009) indican que la existencia de cloruros en el agua puede ser un indicativo de intrusión de agua salina o de la influencia de actividades industriales y agrícolas. Los valores observados, como los 40.74 mg/L en la planta Caisson, aunque están por debajo del límite máximo de 250 mg/L, deben ser monitoreados para asegurar que no exista una fuente de contaminación que pueda incrementar las concentraciones en el futuro.

Tchobanoglous y Schroeder (1985) advierten que niveles elevados de cloruros en el agua pueden interferir con ciertos procesos de tratamiento, como la coagulación o el intercambio iónico. Aunque los valores registrados están por debajo del límite de 250 mg/L, es esencial un monitoreo continuo para garantizar que las concentraciones de cloruros no aumenten y afecten la eficiencia de las fases de tratamiento del agua en las plantas.

Davis y Cornwell (2013) señalan que aunque los cloruros no presentan un peligro directo para la salud en concentraciones bajas, su acumulación en niveles más altos puede afectar el sabor del agua potable, haciéndola menos aceptable para el consumo. Los valores más altos observados, como los 40.74 mg/L en la planta Caisson, deben ser monitoreados para evitar que el agua se vuelva desagradable para los consumidores.

### **2.1.7.3. Sulfatos**

Una alta proporción de sulfatos alteraría el sabor del agua y tener un efecto laxante, especialmente en presencia de magnesio. Además, en concentraciones excesivas en aguas ácidas, los sulfatos pueden ser corrosivos. (CEPIS/OPS, 2004).

Sawyer, McCarty y Parkin (2003) señalan que los sulfatos presentes en el agua pueden provenir de la disolución de minerales y, en altas concentraciones, pueden afectar el sabor del agua y causar efectos laxantes. Además, cuando se combinan con condiciones ácidas, los sulfatos pueden contribuir a la corrosión en sistemas de distribución de agua.

Benefield, Judkins y Weand (1982) destacan que los cloruros en el agua pueden provenir de la intrusión de agua salina o de descargas industriales, lo que puede influir en la calidad del agua. Aunque los valores observados, como los 40.74 mg/L en la planta Caisson, son seguros en términos de salud, el monitoreo continuo es esencial para prevenir un aumento en las concentraciones de cloruros que pudiera impactar la eficiencia de las fases de tratamiento o causar problemas de corrosión en las infraestructuras.

### **2.1.7.4. Dureza**

Aldabe y Aramendia (2005) indican que este parámetro representa los valores de cationes metálicos multivalentes que se encuentran en el agua. Esto se debe especialmente por las sales de Ca, Mg y en menor proporción al Al, Fe, Mn, Sr y Zn. Por su complejidad de elementos que participan, la dureza se manifiesta como una cantidad equivalente de carbonato de calcio  $\text{CaCO}_3$ .

La OMS recomienda que el agua potable contenga entre 100 y 500 mg/l de

CaCO<sub>3</sub>. El agua dura puede aumentar el riesgo de cálculos renales, mientras que el agua blanda puede causar descalcificación de huesos y dientes. Se considera que el agua es dura cuando tiene una alta concentración de estas sales y blanda cuando es baja (tabla 1). (OMS, 2006).

**Tabla 1.** Clasificación de la dureza por CaCO<sub>3</sub> en el agua.

Concentración de CaCO <sub>3</sub> /mg/L	Tipo	Codificación*
0 - 60	Blanda	Azul
61 - 120	Moderadamente dura	Verde
121 - 180	Dura	Amarillo
>180	Muy dura	Rojo

Fuente: OMS (2006).

De Zuane (1997) menciona que la dureza del agua está relacionada con la presencia de C y Mg, y aunque no se considera un riesgo directo para la salud, puede influir en la calidad del agua para uso doméstico. Un agua dura puede causar la formación de incrustaciones en tuberías y electrodomésticos, lo que puede aumentar los costos de mantenimiento y reducir la eficiencia de los sistemas de distribución de agua.

#### 2.1.7.5. Hierro

El hierro, un componente esencial en la hemoglobina del organismo humano, no es tóxico a las concentraciones habituales en aguas naturales. No obstante, su presencia puede alterar el sabor del agua, causar manchas permanentes en artefactos y ropa blanca, y generar depósitos en las redes de distribución, lo que puede provocar obstrucciones y afectar la turbidez y el color del agua (OMS, 2006).

Chapman (1996) señala que el hierro, aunque es un compuesto básico para la vida, puede influir negativamente en la calidad del agua cuando está presente en concentraciones elevadas. Puede provocar manchas en la ropa, depósitos en tuberías y causar problemas de sabor y color, lo que afecta la percepción de la potabilidad del agua por parte de los consumidores.

#### 2.1.7.6. Manganeseo

Componente primordial para la vida animal y actúa como un activador enzimático. Aunque es poco común en el agua, suele estar asociado al hierro. Se encuentra de manera natural en varias fuentes de agua superficial y subterránea, especialmente en estados anaerobios o de microoxidación, siendo la fuente con mayor importancia de Mn en el agua potable, aunque la principal exposición surgen generalmente de los alimentos (OMS, 2006).

Montgomery (1985) explica que el manganeso en el agua, si se encuentra en concentraciones altas, puede influir negativamente en el color y el sabor del agua, además de provocar manchas en superficies y ropa, lo que afecta su aceptación por parte de los consumidores.

Benefield, Judkins y Weand (1982) mencionan que, aunque el manganeso es un mineral necesario en pequeñas cantidades, cuando se acumula en las tuberías puede causar obstrucciones y reducir la eficiencia de los sistemas de distribución de agua, por lo que es crucial su monitoreo continuo.

Chapman (1996) resalta que el manganeso presente en el agua puede interferir con las etapas de tratamiento, como la filtración y la desinfección, lo que puede comprometer la eficacia del tratamiento del agua si las concentraciones aumentan.

Gray (2010) señala que la existencia de Mn en el agua sería resultado de procesos naturales, como la erosión de minerales, y puede impactar negativamente en la percepción de la calidad del agua, por lo que su monitoreo es esencial para prevenir problemas en la potabilidad del recurso hídrico.

#### **2.1.7.7. Aluminio**

Las principales fuentes de Al en el agua de consumo son el Al natural y las sales de Al empleadas como coagulantes en el tratamiento. Concentraciones superiores a 0,1–0,2 mg/l suelen provocar quejas de los consumidores debido a la formación de flóculos de hidróxido de Al y el incremento de la coloración por hierro, según la OMS, 2006.

De Zuane (1997) señala que, aunque el aluminio es un coagulante comúnmente utilizado en el tratamiento del agua, su presencia en concentraciones elevadas puede provocar turbidez y afectar la calidad del agua.

Sawyer, McCarty y Parkin (2003) explican que niveles más altos de aluminio en el agua causarían problemas estéticos, como la formación de sedimentos y cambios en el color del agua. Aunque los valores actuales son seguros, es importante monitorear para evitar que el aluminio se acumule en las tuberías.

Chapman (1996) advierte que el aluminio en concentraciones elevadas puede interferir con las fases de tratamiento del agua, afectando la coagulación y la filtración. Aunque los valores observados están dentro de los límites seguros, es esencial continuar monitoreando para asegurar la eficiencia del tratamiento del agua.

#### **2.1.7.8. Cobre**

El cobre se encuentra comúnmente en aguas superficiales, aunque en menos densidad a 1 mg/L. Su existencia se debe principalmente a la corrosión de cañerías, erosión de depósitos naturales y el percolado de conservantes de madera. A densidades elevadas, el cobre podría incrementar la corrosión del Al y el zinc, además de alterar el sabor del agua. (OMS, 2006).

Montgomery (1985) señala que, aunque el cobre es un mineral esencial en pequeñas cantidades, en concentraciones más altas puede impartir un sabor metálico al agua, lo que puede afectar negativamente la percepción de su calidad por parte de los consumidores.

Benefield, Judkins y Weand (1982) indican que la presencia de cobre en el agua puede acelerar la corrosión en las tuberías y sistemas de distribución, lo que podría ocasionar daños a largo plazo en la infraestructura. Aunque los niveles actuales de cobre son seguros, es crucial realizar un seguimiento constante para prevenir estos problemas de corrosión.

Gray (2010) menciona que el cobre, aunque necesario en pequeñas cantidades, puede llegar a interferir con las fases de tratamiento del agua si se acumula en exceso, afectando tanto la durabilidad de la infraestructura como la calidad del agua potable. Mantener un control sobre los niveles de cobre es esencial para evitar problemas en el futuro.

#### **2.1.7.9. Zinc**

El zinc en el agua de suministro surge habitualmente del contacto con accesorios y estructuras galvanizadas o de bronce. Debido a su naturaleza anfótera, se presenta en formas solubles en condiciones ácidas y alcalinas, lo que dificulta su remoción, aunque hay escasa información sobre el proceso (CEPIS/OPS, 2004).

Montgomery (1985) explica que, aunque el zinc es necesario en pequeñas cantidades, niveles elevados pueden alterar el sabor del agua y causar corrosión en las tuberías, lo que lleva a la acumulación de depósitos que afectarían negativamente la calidad del agua.

Benefield, Judkins y Weand (1982) indican que el zinc en el agua potable, aunque generalmente no representa un peligro en concentraciones bajas, puede causar problemas estéticos y de corrosión si se acumula en exceso. Es fundamental monitorear continuamente este metal para evitar que impacte la calidad del agua y la infraestructura.

Spellman (2014) menciona que el zinc en el agua puede interactuar con otros minerales y compuestos, afectando los procesos de tratamiento y la calidad del agua distribuida.

Aunque los niveles actuales de zinc son bajos, un control constante es esencial para evitar acumulaciones que comprometan la potabilidad del agua.

#### **2.1.7.10. Arsénico**

Este elemento está ampliamente distribuido en la tierra, principalmente como sulfuro de arsénico, arseniatos y arseniuros metálicos. Su fuente principal en el agua de consumo es la disolución de minerales y menas naturales (OMS, 2006).

Smedley y Kinniburgh (2002) señalan que el arsénico es un contaminante natural que puede encontrarse en aguas subterráneas, especialmente en áreas con alta actividad geotérmica o minera. La ausencia de arsénico en las muestras sugiere que estas fuentes de agua no están expuestas a tales influencias.

Abernathy, Thomas y Calderon (2003) destacan que la exposición prolongada a concentraciones elevadas de arsénico causaría graves problemas de salud, como cáncer en la piel, los pulmones y la vejiga. La detección de niveles nulos de arsénico en las muestras estudiadas es un resultado positivo en términos de seguridad para la salud pública.

Smith, Lingas y Rahman (2000) subrayan que el arsénico es uno de los contaminantes más peligrosos que estaría presente en el agua potable, y su monitoreo constante es vital para salvaguardar la salud pública. La falta de detección de arsénico en estas muestras indica que las fuentes de agua cumplen con los estándares de calidad necesarios para garantizar la seguridad de los consumidores.

#### **2.1.7.11. Nitratos**

Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el N aparece como N orgánico amoniacal. En la sangre, el nitrito reacciona con el ion ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) de la desoxihemoglobina para formar metahemoglobina, donde el hierro está en estado férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ), lo que impide el transporte de oxígeno. (CEPIS/OPS, 2004).

Alva (2018) señala que el nitrato, un componente inorgánico formado por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O), se simboliza como  $\text{NO}_3$ . Este compuesto es peligroso para la salud al ser reducido a nitrito ( $\text{NO}_2$ ), un contaminante de cuerpos de agua que se debe controlar prioritariamente en el agua potable, ya que niveles altos pueden causar metahemoglobinemia, conocida como “la enfermedad de los bebés azules”. Esta enfermedad ocurre por la disminución de nitratos a nitritos en el sistema digestivo de los lactantes. Aunque no se considera peligrosa para niños mayores y adultos, la presencia de nitratos puede indicar

la posible contaminación por otros agentes más nocivos provenientes de residencias o actividades agrícolas, como bacterias o pesticidas.

Spalding y Exner destacan que la contaminación por nitratos en aguas subterráneas es un problema generalizado, frecuentemente relacionado con la infiltración de fertilizantes agrícolas y la escorrentía. Esta acumulación de nitratos en el agua subterránea puede afectar las fuentes de agua potable, especialmente en áreas agrícolas o cercanas a zonas de cultivo intensivo.

Follett y Hatfield (2001) indican que los nitratos en el agua potable pueden ser peligrosos en niveles elevados, especialmente para los bebés, ya que causaría el síndrome del bebé azul. Sin embargo, los niveles actuales de nitratos en las muestras de agua son seguros, lo que significa que el peligro para la salud es mínimo.

Nolan et al. (1998) explican que los nitratos en el agua suelen derivar de la descomposición de MO o de la infiltración de fertilizantes agrícolas. Aunque los niveles observados están por debajo del límite permitido, es importante continuar monitoreando para prevenir cualquier aumento que pueda acercarse al límite de seguridad.

Ward et al. (2005) señalan que, aunque los niveles bajos de nitratos no representan un peligro inmediato, la exposición prolongada a concentraciones más altas puede estar relacionada con riesgos crónicos, como problemas de tiroides o ciertos tipos de cáncer. Mantener una vigilancia constante es esencial para garantizar que los niveles de nitratos sigan siendo seguros a largo plazo.

### **2.1.8. Parámetros microbiológicos del agua**

La contaminación fecal es esencial para analizar la calidad del agua, ya que las heces contienen microorganismos patógenos que representan un peligro para la salud pública al entrar en contacto con humanos. El análisis de muestras de agua para detectar coliformes, microorganismos que habitan en el intestino de humanos y otros mamíferos, indica la presencia de esta contaminación (CEPIS/OPS, 2004).

Pavan et al. (2022) afirman que las bacterias coliformes son indicadores de parámetros bacteriológicos, derivadas tanto de fuentes humanas como del vertido de excretas de otros animales. Los indicadores bacterianos de la calidad microbiológica del agua incluyen la concentración de coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y enterococos. Para Ríos et al. (2017) las características microbiológicas y parasitológicas forman parte del microbiota y se pueden encontrar de forma natural en el agua, estos son de mucha importancia

para determinar el estado de la calidad del agua debido a que al sobrepasar una concentración suponen la contaminación de los ambientes acuáticos.

#### **2.1.8.1. Grupo coliforme**

Los coliformes son bacilos habitantes en el intestino de los mamíferos y se encuentran como saprófitos en el ambiente, excepto *Escherichia*, que es intestinal. Son indicadores eficaces de contaminación y pertenecen a la familia de las enterobacteriáceas. Caracterizadas por su capacidad para fermentar lactosa a 35-37 °C en 24-48 horas, que produce ácido y gas (CEPIS/OPS, 2004). Los géneros de este grupo incluyen *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Serratia*.

#### **2.1.8.2. Coliformes totales**

El "total de bacterias coliformes" agrupa bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes, que pueden crecer en altas concentraciones de sales biliares al fermentar lactosa y generar ácido o aldehído en 24 horas a 35-37 °C. *Escherichia coli* y los coliformes termotolerantes son un subgrupo que fermenta lactosa a temperaturas más elevadas (OMS, 2006).

Swistock et al. (2023) definen a los coliformes totales como bacterias que fermentan lactosa a 35-37 °C, generando gas, ácido y aldehído. Estas bacterias pueden encontrarse de manera independiente en el ambiente, en aguas enriquecidas o incluso en agua potable de buena calidad. Su presencia implica un riesgo potencial de enfermedades. Según Diaz (2019), la existencia de coliformes totales sugiere que el cuerpo de agua ha sido o está contaminado con MO de origen fecal, ya sea humano o animal.

Geldreich (1996) señala que los coliformes totales son un indicador importante de contaminación fecal en el agua potable. Aunque no todos los coliformes son patógenos, su presencia sugiere que podrían estar presentes microorganismos peligrosos, como *Escherichia coli* y otros patógenos transmitidos por el agua.

LeChevallier y Au (2004) explican que la detección de coliformes totales en el agua potable indica fallos en la protección de las fuentes de agua o en los procesos de tratamiento y distribución. Los resultados obtenidos en Caisson de Castillo Grande y Picuruyacu son preocupantes, ya que el agua contaminada podría causar brotes de enfermedades como diarrea, cólera y fiebre tifoidea.

Ashbolt (2004) destaca que eliminar los coliformes totales del agua requiere un

tratamiento adecuado, como el uso eficaz de desinfectantes como el cloro, y una protección efectiva de las fuentes de agua. Si no se toman las medidas correctivas necesarias, los coliformes totales pueden seguir presentes en el sistema de distribución, representando un riesgo constante para la salud pública.

### **2.1.8.3. Coliformes termotolerantes (fecales)**

Estas bacterias son aquellas con capacidad de fermentar lactosa a 44-45 °C. En las aguas, el género predominante es *Escherichia*, aunque también se encuentran especies de *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* (CEPIS/OPS, 2004).

Según Swistock et al. (2023), las coliformes fecales son específicas del intestino de humanos y animales de sangre caliente. Palacios y Velastegui (2020) señalan que los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales y, por su capacidad para soportar altas temperaturas, se les considera termotolerantes. Díaz (2019) indica que estas bacterias son indicadores indirectos de riesgo de contaminación patógena, ya que están en heces humanas y animales. La ausencia de coliformes fecales sugiere que el agua es bacteriológicamente segura. Swistock et al. (2023) indican que *E. coli*, una bacteria coliforme fecal común en los intestinos, es el mejor indicador de contaminación fecal.

*E. coli* es el indicador más adecuado de contaminación fecal. En la mayoría de los casos, las poblaciones de coliformes termotolerantes son principalmente *E. coli*, por lo que este grupo es considerado un indicador aceptable, aunque menos confiable que *E. coli*. Sin embargo, los coliformes termotolerantes son la opción preferida para los programas de monitoreo y vigilancia de la calidad del agua de consumo. (OMS, 2006).

Pinto y sus colegas (2012) explican que la estructura bacteriana en el agua potable está directamente afectada por los procesos de filtración. Cuando estos procesos no son efectivos, existe la posibilidad de que bacterias como *E. coli* ingresen al sistema de distribución, lo que puede comprometer la calidad microbiológica del agua.

Saxena et al. (2015) enfatizan que *E. coli* es uno de los indicadores microbianos primordiales utilizados para evaluar la calidad del agua potable y detectar la existencia probable de patógenos. La detección de esta bacteria es un signo claro de contaminación fecal, representando un peligro significativo para la salud pública por su asociación con enfermedades gastrointestinales.

Leclerc et al. (2001) señalan que *E. coli* es un indicador directo de contaminación fecal en el agua potable, lo que sugiere que otros patógenos peligrosos, como

virus y parásitos, podrían estar presentes, aumentando el riesgo de enfermedades gastrointestinales. La detección de *E. coli* en Picuroyacu y Castillo Grande subraya la necesidad urgente de mejorar las etapas de tratamiento del agua.

Edberg et al. (2000) explican que la presencia de *E. coli* en el agua indica una posible contaminación reciente con materia fecal, lo que sugiere fallos en los sistemas de tratamiento o en la protección de las fuentes de agua. Es crucial tomar medidas correctivas inmediatas que asegure el agua para ser consumida.

Geldreich (1996) destaca que la detección de *E. coli* en el agua debe ser tratada como una prioridad, ya que esta bacteria es un claro indicador de la posible presencia de otros microorganismos patógenos. Para prevenir brotes de enfermedades, es esencial implementar un tratamiento adecuado y proteger eficazmente las fuentes de agua.

Craun, Calderon y Craun (2004) indican que los coliformes fecales son un indicador importante de contaminación fecal en el agua, lo que sugiere la posible existencia de patógenos peligrosos como virus, bacterias y parásitos, capaces de provocar enfermedades graves, como diarreas infecciosas, fiebre tifoidea y hepatitis. La detección de coliformes fecales en las áreas de Picuruyacu y Castillo Grande resalta la necesidad de una intervención urgente para tratar y desinfectar estas zonas afectadas.

Hrudey y Hrudey (2004) advierten que la presencia de coliformes fecales en el agua potable puede señalar fallos en los sistemas de tratamiento o en la protección de las fuentes de agua. Sin una acción apta, estos microorganismos desencadenarían brotes de enfermedades que se transmiten por el agua, lo que hace necesario implementar medidas correctivas en las áreas contaminadas.

Ashbolt et al. (2001) subrayan que el control y la eliminación de coliformes fecales en el agua potable dependen de una desinfección efectiva y de un monitoreo continuo para evitar riesgos a la salud pública. La detección de estos microorganismos en las muestras estudiadas destaca la necesidad de fortalecer las fases de tratamiento del agua que garantice que el agua distribuida sea segura para ser consumida.

#### **2.1.8.4. Estreptococos totales**

Diaz (2019) indica que los estreptococos presentan una alta resistencia al cloro y es un indicador de la contaminación fecal de origen humano o animal, se usa ampliamente como indicador biológico en la recreación, en balnearios y playas en otros países, así mismo son organismos indicadores superiores a los coliformes totales, fecales o *E. coli*, ya que tienen

mejores características de supervivencia, tal es el caso de *E. fecales*.

#### **2.1.8.5. Bacterias heterotróficas**

Reasoner (2004) señala que el conteo de bacterias heterotróficas es un método clave para evaluar la calidad microbiológica del agua potable. Estos conteos proporcionan información sobre la presencia de bacterias que, aunque no necesariamente patógenas, pueden indicar la efectividad del tratamiento del agua y la existencia de nutrientes que favorecen el crecimiento microbiano.

Carter et al. (2000) destacan la relación entre los niveles de bacterias heterotróficas y las características de calidad del agua en los sistemas de distribución. Los niveles elevados de estas bacterias pueden indicar fallos en la desinfección y la presencia de nutrientes que permiten su crecimiento, lo que sugiere la necesidad de un control más riguroso para mantener la calidad del agua.

Allen et al. (2004) mencionan que la presencia de bacterias heterotróficas en concentraciones altas puede ser una señal de proliferación microbiana en el sistema de distribución de agua, lo que podría comprometer la eficacia de los tratamientos de desinfección y permitir la recontaminación del agua. Aunque los niveles actuales están dentro de los límites aceptables, es fundamental monitorear de cerca y mejorar los procesos de tratamiento en las áreas afectadas.

Bartram y Rees (2000) destacan que el monitoreo de las bacterias heterotróficas es clave para estudiar la efectividad de las fases de tratamiento del agua y para detectar posibles problemas de contaminación en los sistemas de distribución. Los valores elevados en ciertas zonas subrayan la necesidad de revisar y reforzar los métodos de tratamiento y distribución que garantice la calidad del agua se conserve en niveles seguros.

#### **2.1.9. Sistema de abastecimiento de agua para consumo humano**

Conjunto de compuestos hidráulicos e instalaciones físicas, que funcionan mediante etapas operativas y administrativas para captar y suministrar agua (Ser peruano, 2012). Un sistema de abastecimiento consiste en estructuras diseñadas para transportar agua desde una fuente hasta el consumidor, mejorando su calidad y garantizando su seguridad para el consumo. Tipos de Sistemas de Agua:

##### **2.1.9.1. Sistema de tratamiento por gravedad sin tratamiento**

Las fuentes de suministro son las aguas subterráneas y el agua de los fondos

marinos. El agua subterránea proviene de manantiales, mientras que el agua del fondo marino se obtiene a través de filtros. La desinfección es menos estricta en estos sistemas porque el agua filtrada en la capa porosa del suelo suele ser de buena calidad bacteriológica. Sus componentes son: líneas colectoras, ductos, embalses, líneas de conexión, redes de distribución y conexiones locales o piscinas públicas. (sf).

#### **2.1.9.2. Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento**

Las fuentes de agua superficial como canales, acequias o ríos deben limpiarse y desinfectarse antes de su distribución. Si no se bombea agua, se consideran "sistemas tratados por gravedad". Las instalaciones de tratamiento deberán diseñarse con base en los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua bruta e incluir conexiones, tuberías, plantas de tratamiento, reservorios, líneas de aislamiento, redes de distribución y conexiones domiciliarias o piscinas públicas (sf).

#### **2.1.9.3. Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento**

Un sistema de suministro de agua de calidad no requiere tratamiento previo, pero sí bombeo para su distribución a los usuarios finales. En general, estos sistemas constan de pozos que incluyen: captación, estaciones de bombeo, líneas, reservorios, líneas de descarga, redes de distribución y conexiones domiciliarias (sf).

#### **2.1.9.4. Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento**

Los sistemas de bombeo con capacidad de tratamiento incluyen plantas de tratamiento de agua que cumplen con los estándares de agua potable y sistemas de bombeo que distribuye agua a los usuarios finales. Sus compuestos son: captación, ductos, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, embalses, líneas de descarga, redes de distribución y conexiones domiciliarias (sf).

#### **2.1.10. Vigilancia sanitaria y control de calidad del agua para consumo humano**

La autoridad de salud evalúa los sistemas de agua potable, desde la recolección hasta la entrega, para identificar factores de riesgo y garantizar la salud pública, cumpliendo con los límites de calidad del agua para ser consumida. (Ser peruano, 2012)

El monitoreo de la salud se basa principalmente en dos aspectos: (a) la relación entre la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua y las enfermedades transmitidas por el agua para evaluar su impacto en la salud (b) el análisis sistemático y continuo de los datos sobre la calidad del agua para garantizar extracción de agua, purificación y distribución según los

objetivos y normas establecidos (CEPIS, 2002).

### 2.1.10.1. Elementos de vigilancia y control

La OMS define tres elementos que debe tener cualquier programa de vigilancia. Los factores anteriores también se aplican al control de calidad:

– **Inspección técnica o inspección sanitaria**

Sirve para identificar problemas y fuentes de contaminación, proporcionando información y detectando posibles riesgos sanitarios.

– **Evaluación física, química y microbiológica del agua de consumo humano**

Se relaciona con la gestión y operación del proveedor, así como con el apoyo a las actividades de control de calidad.

– **Evaluación institucional**

Se refiere a la gestión y operaciones del proveedor, así como al nivel de apoyo a las actividades de control de calidad. (CEPIS, 2002).

### 2.1.11. Desinfección de agua para consumo

Es la fase de eliminar o inactivar patógenos y microorganismos indeseables en el agua potable (CEPIS/OPS, 2005).

#### 2.1.11.1. Métodos de desinfección

Los desinfectantes y equipos deben seleccionarse para cumplir con las condiciones específicas de cada aplicación, considerando todos los elementos que afectan la fiabilidad, continuidad y eficacia de la desinfección. Seguidamente se presentan las metodologías básicas para desinfectar el agua (tabla 2).

**Tabla 2.** Métodos de desinfección del agua.

<b>Físicos</b>	<b>PA</b>	<b>Químicos</b>
Ebullición Tamices Sedimentos Filtros de arena	Cloro	Hipoclorito Sodio. Hipoclorito de Calcio.
Radiación solar (luz)	Yodo	Dicloro isocianurato de sodio

Fuente: Guía para gobiernos locales, 2005

### 2.1.11.2. Hipocloritos

Pueden ser líquidos o sólidos y se utilizan ampliamente en pequeñas tecnologías de suministro de agua y para la desinfección directa del agua potable en los hogares con efecto residual. También existen dispensadores para dispensar pastillas de hipoclorito de calcio altamente concentrado (CEPIS/OPS, 2005).

### 2.1.11.3. La cloración como método de desinfección

La eficacia de la desinfección con cloro depende de la naturaleza y concentración de los microorganismos objetivo, así como de la calidad del agua a desinfectar. Por lo tanto, es importante comprender la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua, especialmente la contaminación fecal y la turbiedad, antes de la desinfección (CEPIS/OPS, 2005).

### 2.1.11.4. Compuestos de cloro

El cloro residual libre es el contenido de cloro del agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito y debe almacenarse en el agua potable para evitar la contaminación microbiana después de la cloración. (Ser peruano, 2012).

El cloro se comercializa en distintas formas y es relativamente económico y fácil aplicación al agua. Los componentes de cloro más utilizados para la desinfección del agua son los siguientes. (tabla 3).

**Tabla 3.** Características de los compuestos de cloro.

Compuesto	Presentación	Aplicación
Hipoclorito de sodio (comercial)	Líquido	Solución
Hipoclorito de calcio	Sólido	Solución
Cal clorada	Sólido	Solución

Fuente: Guía para gobiernos locales, (2005).

## 2.1.12. Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS)

Es una asociación responsable de brindar servicios de salud, incluyendo agua potable, remoción de excrementos (baños) y renovación en centros urbanos y áreas rurales (Amézquita et. al., 2014).

### 2.1.12.1. Importancia

La JASS es clave para mejorar la calidad de vida en la comunidad, ya que una organización efectiva y una gestión eficiente de los servicios de saneamiento son fundamentales

(Amézquita et. al., 2014).

#### 2.1.12.2. Organización

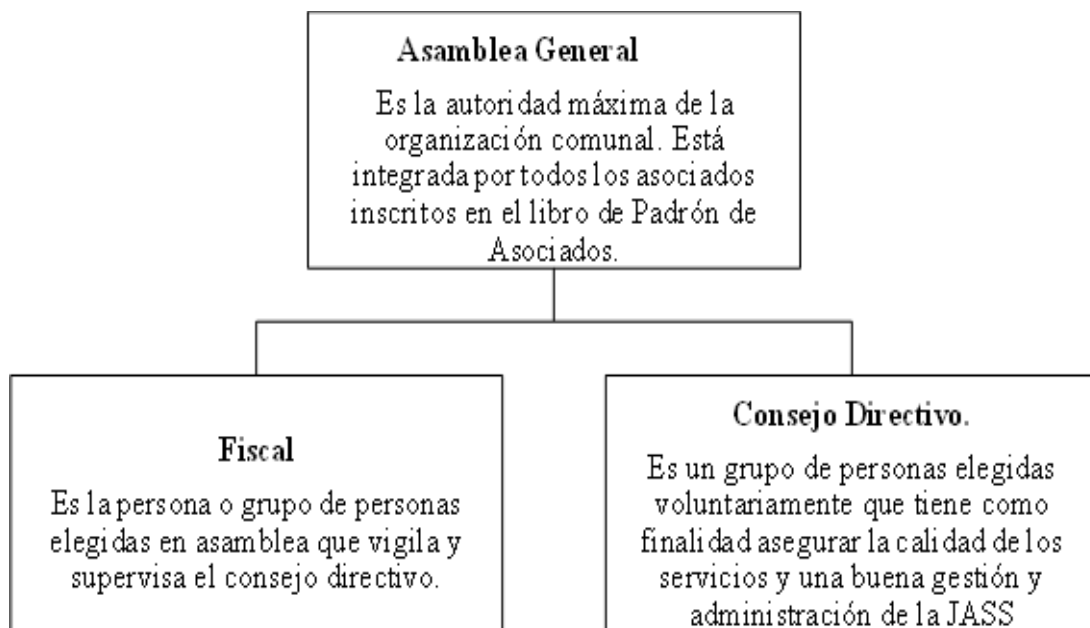
Está estructurado mediante un organigrama (figura 1).

#### 2.1.12.3. Consejo directivo

Lo conforma: presidente, secretario, tesorero, fiscal, vocal. Sus miembros son elegidos (as) por la Asamblea General por un periodo de 2 años (Amézquita et. al., 2014).

#### 2.1.12.4. Funciones

Dirigir y mantener los servicios de atención médica. Elaborar y analizar planes operativos anuales, presupuestos anuales y recomendaciones de cuotas y ajustes de hogares. Preservando el legado de JASS. Comprar o arrendar artículos necesarios para los servicios de saneamiento como insumos, herramientas, equipos y equipos a nombre de JASS. Seleccionar personal para realizar y dar servicio a los servicios anteriores. Coordinar temas relacionados con el servicio de salud con la municipalidad distrital y otras instituciones de salud y educación (Amézquita et. al., 2014).



**Figura 1.** Organización de las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS).

### 2.1.13. Marco legal para la evaluación de la calidad de agua

#### 2.1.13.1. Constitución Política del Perú (1993)

En el Título I, capítulo II, artículo 7° A, se reconoce el derecho de toda persona al acceso progresivo y universal al agua potable. (Perú, 1993).

### 2.1.13.2. Ley General de Salud (Ley N° 26842)

En el Título II, capítulo VIII, artículo 107° establece que el suministro de agua, el tratamiento de aguas residuales, la disposición de excrementos, el reúso de aguas residuales y el manejo de residuos sólidos están sujetos a las normas de la autoridad sanitaria capacitada que supervisa su cumplimiento (MINSA, 1997).

### 2.1.13.3. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031 – 2010 - SA)

Establece los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable para proteger la salud pública (MINSA, 2010).

### 2.1.14. Contaminación del agua

El agua es considerada contaminada cuando su constitución o estado se altera, haciéndola menos adecuada para su función natural. Esto incluye cambios en las propiedades fisicoquímicas y biológicas, así como la descarga de sustancias en estado líquido, gaseoso o sólido y variaciones de temperatura por el vertido de agua caliente (CEPIS/OPS, 2005).

### 2.1.15. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano

DIGESA (2010) señala que el reglamento cubre la gestión y control de la calidad del agua, monitoreo, inspección, permisos, registro y aprobación sanitaria de los sistemas de suministro de agua potable, así como los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos y requisitos relacionados.

**Tabla 4.** Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica- DIGESA.

Fuente: DIGESA 031-2010.

Parámetros	Unidad de medida	LMP
Olor	-----	Aceptable
Sabor	-----	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15,00
Turbiedad	UNT	5,00
pH	Valor de pH	6,50 a 8,50
Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500,00
Sólidos totales disueltos	mg/L <sup>-1</sup>	1000,00
Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> /L <sup>-1</sup>	250,00
Sulfatos	Mg SO <sub>4</sub> =L <sup>-1</sup>	250,00

Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L <sup>-1</sup>	500,00
Amoniaco	mg N L <sup>-1</sup>	1.50
Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0.30
Manganeso	mg Mn L <sup>-1</sup>	0.40
Aluminio	Mg Al L <sup>-1</sup>	0.20
Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,00
Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,00

Fuente: DIGESA 031-2010.

**Tabla 5.** Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitólogos-DIGESA.

Parámetros	Unidad de medida	LMP
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
E. Coli	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)
Bacterias heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500 (*)
Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	Nº org/L	0,00
Virus	UFC/ mL	0
Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0,00

Fuente: DIGESA 031-2010.

## 2.2. Estado del arte

En Ucayali, Cajahuaman y Vásquez (2022) evaluaron si la calidad del agua del río Shanay-Timpishka es adecuada para ser consumida, comparándola con los ECA del D.S. N° 004-2017-MINAM, subcategoría A, y los LMP del D.S. N° 031-2010-SA. Se analizaron los parámetros de Temperatura (°C), Conductividad Eléctrica (µS/cm), pH, Oxígeno Disuelto (mg/L), Sólidos Totales Disueltos (mg/L) y Turbidez (NTU). Los resultados mostraron que dos parámetros, oxígeno disuelto y aceites y grasas, no cumplían con los ECA del D.S. N° 004-

2017-MINAM, indicando limitaciones para el desarrollo de la vida. Al comparar con los LMP del D.S. N° 031-2010-SA para consumo humano, se encontró que los parámetros microbiológicos, parasitológicos, aceites y grasas superaban los estándares en los tres puntos de muestreo, concluyendo que el agua no es apta para ser consumida.

En Coronel Portillo, Guimaraes (2022) realizó un estudio sobre la calidad del agua consumida por la JASS San Isidro, en el distrito de Callería, entre febrero y abril de 2021. El objetivo fue determinar si el agua es apto para ser consumida. Los resultados mostraron que el cloro residual libre estaba por debajo del límite permisible de 0.5 mg/L, mientras que los niveles de coliformes totales y termotolerantes los excedían. Los factores químicos, en cambio, cumplieron con los límites establecidos. Se concluyó que el agua suministrada por la JASS San Isidro no cumple con las normativas de calidad del agua potable, representando un riesgo para la salud de la población.

En su investigación, Ramos y Pérez (2023) en Huancavelica tuvieron como objetivo definir el cloro residual libre y la demanda bioquímica de oxígeno en los JASS de la zona urbana de Pueblo Libre. Se realizaron tres monitoreos en el JASS ubicado a 5 km al norte del pueblo durante septiembre, octubre y noviembre de 2022, con tres repeticiones y muestras de 3 litros cada una. Los resultados mostraron que la concentración de cloro residual libre en el JASS de Pueblo Libre es de 0.67 mg/L, cumpliendo con el D.S. N° 031-2010-SA, lo que indica una cloración adecuada. Además, la demanda bioquímica de oxígeno en el mismo JASS es de 0.1 mg/L, también en conformidad con el D.S. N° 031-2010-SA.

En Huancavelica, Ñahui (2023) analizó la calidad del agua potable en los centros poblados de Yauli, evaluando propiedades fisicoquímicas y microbiológicas según los “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua” (DS N°004-2017-MINAM), Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría A: Aguas Superficiales para Producción de Agua Potable. Los resultados son los siguientes: en Izcumachay, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos cumplen con el DS N°004-2017-MINAM, por lo que el agua es adecuado para el consumo. En Villa Hermoza, los parámetros fisicoquímicos son adecuados, pero los análisis microbiológicos revelaron 55 coliformes totales (límite 50) y 30 coliformes fecales (límite 30), mientras que el *Escherichia coli* está dentro de los límites permisibles. En Torreccacca, los parámetros fisicoquímicos son aptos, aunque los coliformes totales alcanzaron 60 (límite 50) y los coliformes fecales 25 (límite 20); sin embargo, el *Escherichia coli* está dentro de los límites. En Choca I, tanto las características fisicoquímicas como microbiológicas están en perfecto estado y son aptos para su consumo.

En 2021, Dionisio Leóncio Prado investigó la calidad del agua para consumo en las fuentes Cocheros, Quebrada del Águila y Cushuro en Tingo María. Desde la Universidad Nacional Agraria de la Selva, evaluó el agua del sistema de suministro (captación, reservorio y red de distribución) mediante un estudio no experimental longitudinal. Las variables de interés fueron el consumo poblacional y la calidad del agua, y las intervinientes incluyeron parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, y el Índice de Calidad Ambiental (ICA). Los resultados mostraron que la calidad del agua en las fuentes Cocheros, Del Águila y Cushuro se clasificó como “Buena”. Sin embargo, se observó que el oxígeno disuelto, el pH y el fósforo total exceden los estándares establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, lo que indica que la calidad del agua se aleja ligeramente de su nivel natural, aunque las condiciones deseables enfrentan algunas amenazas o daños menores.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación de la zona de estudio

##### 3.1.1. Ubicación política

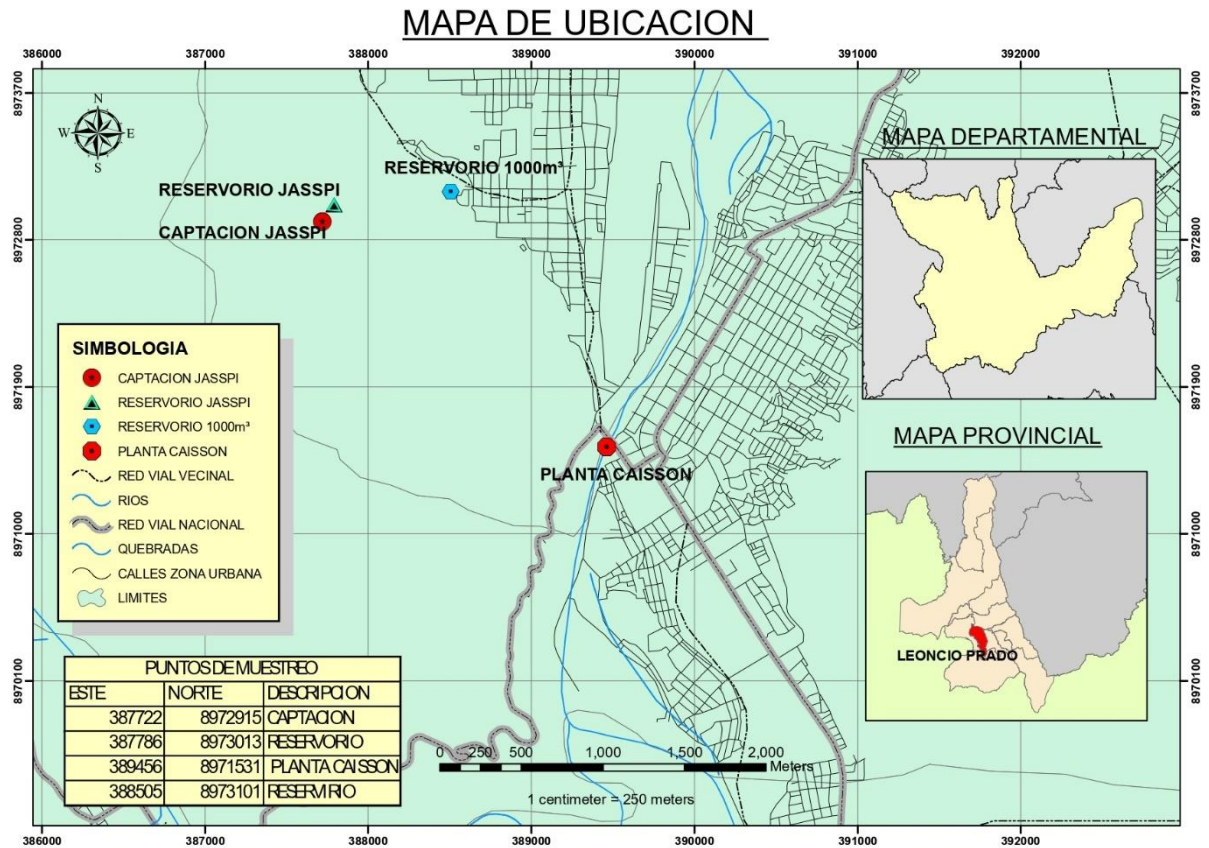
Fue realizada en la zona del sistema de suministro de agua para consumo Humano de la EPS Seda Huánuco S.A. zona Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu encargado de la prestación y contribución de la Junta Administradora de Servicio de Saneamiento (JASS) ubicadas en el distrito de Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

La zona se ubica en las coordenadas 9°11'45,6" de Latitud Sur y 76°5'6,97" de Longitud Oeste, con una altitud de 660 m.s.n.m., mientras que las coordenadas de los puntos de muestreo Seda Huánuco - Tingo María zona Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu localizadas en el sistema de geoprocesamiento UTM WGS84 18S (Tabla 6).

**Tabla 6.** Coordenadas UTM de los puntos de muestreo.

Fuentes de agua	Coordenada UTM (WGS84-18S)		Altitud (msnm)	
	Puntos de muestreo	Este (m)		Norte (m)
Centro poblado Picuroyacu (JASS)	Captación	387731	8972905	839
	Reservorio	387786	8973013	801
	Red de distribución - domicilio	387700	897300	670
	P1 Caisson I - FUENTE	38945	8971517	660
Seda Huánuco – Tingo María	P3 Reservorio 1000 m3 – Zona Castillo Grande	388505	8973101	665
	P4 Red de distribución - Domicilio	389284	8974298	660



### 3.1.3. Clima

SENAMHI (2021) muestra que tiene un clima de bosque húmedo pretropical con temperatura media de 28°C, una humedad relativa del 86% y precipitación anual superior a los 3 250 mm.

### 3.1.4. Zona de vida

Holdrige (1993) citado por Mapa Ecológico del Perú – ZEE (2007) la zona investigada pertenece a la zona de vida: bosque muy húmedo premontano tropical (Bmh-PT).

## 3.2. Materiales y equipos

### 3.2.1. Materiales

Se utilizaron los siguientes materiales: mascarillas, guantes quirúrgicos, botas de jebe, libreta de anotaciones, lapiceros, lápices, plumón, tinta permanente, hojas bond, fichas para recabar datos y custodia de muestras. Además, se emplearon stickers para rotular placas de Petri, etiquetas para frascos de vidrio de 500 mL y un cooler para conservar las muestras a la temperatura adecuada durante su traslado.

Los materiales de laboratorio que utilizados fueron: matraz erlenmeyer,

probetas, vasos precipitados, matraz, fiolas, placas de Petri, varilla agitadora, pipetas graduadas, frascos recolectores de 500 mL, membranas filtrantes esterilizadas, pinza de acero inoxidable, algodón, mechero, agua destilada, papel aluminio, Cyclohexanone, test kit de dureza y cloruro, y los reactivos HACH, los medios de cultivos utilizados fueron los Agares: (MACCONKEY AGAR (Escherichia Coli), PLATE COUNT AGAR (B. Heterotróficas), M-ENDO AGAR (Coliformes Totales), M-FC AGAR BASE (B. Termotolerantes)).

### **3.2.2. Equipos**

GPS, COLORÍMETRO (marca: hach, Modelo: DR-900), PHMETRO (Marca: Hach, Modelo: HQ1110), CONDUCTÍMETRO (Marca: thermo scientific Modelo: orion star A222), TURBIDÍMETRO (Marca: hach, Modelo: 2100Q), autoclave, horno, incubador, balanza analítica, agitador magnético, imán de agitador magnético y cámara fotográfica.

## **3.3. Tipo y nivel de investigación**

### **3.3.1. Tipo de Investigación**

Es no experimental y de enfoque cuantitativo, evaluando la presencia de microorganismos y concentraciones de propiedades fisicoquímicas en las muestras, en comparación con los requisitos del D.S. N° 031-2010-SA (MINSa, 2014). Se recopilan datos para conseguir una visión ampliada de la JASS PICUROYACU.

### **3.3.2. Nivel de la Investigación**

Es descriptivo y explicativo porque identifica la calidad del agua utilizada por la población de Castillo Grande y la Junta Administradora de Servicio de Saneamiento (JASS), evaluando su calidad física, química y microbiológica. Según Hernández et al. (2014), este tipo de nivel solo describe las variables en su entorno sin realizar experimentos.

### **3.3.3. Diseño de Investigación**

El diseño es no experimental de tipo transeccional, ya que la información fue recopilada directamente de la realidad sin alterar las variables. Se considera transeccional porque se llevaron a cabo tres mediciones de las variables durante un periodo de 6 meses. El análisis fue desarrollado sin manipular las variables, observando los fenómenos en su entorno natural para su posterior estudio.

## **3.4. Variables en estudio**

### **3.4.1. Variable dependiente e indicadores**

Calidad del agua para consumo poblacional

**Tabla 7.** Variables Dependientes e Indicadores.

Variable	Indicador	Unidad
Y = Calidad del agua para consumo humano	Parámetros físicos.	Agua apta para
	Parámetros microbiológicos.	consumo humano.
	Parámetros químicos.	Agua no apta para consumo humano.

### 3.4.2. Variable independiente e indicadores

- Propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua para consumo poblacional del sistema de suministro de la ciudad de Tingo María zona Castillo Grande y (JASS) del centro poblado Picuroyacu.

**Tabla 8.** Variables Independientes e Indicadores.

Variable	Indicador	Unidad
X <sub>1</sub> : Parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua para consumo humano del sistema de abastecimiento.	✓ Conductividad	uS/cm (microSiemens/centímetro)
	✓ Color	UCV escala Pt/Co (Unidad de color verdadero)
	✓ Turbiedad	UNT (Unidad Nefelométrica de Turbiedad)
	✓ pH	Valor de pH
	✓ Temperatura	° C (Grados Celsius)
	✓ Cloro residual libre	mg/L (Miligramos/Litro)
	✓ Aluminio	mg/L (Miligramos/Litro)
	✓ Cobre	mg/L (Miligramos/Litro)
	✓ Cloruros	mg Cl/L (Miligramos/Litro)
	✓ Hierro	mg/L (Miligramos/Litro)
	✓ Manganeso	mg/L (Miligramos/Litro)
	✓ Sulfatos	mg SO/L (Miligramos/Litro)
	✓ Arsénico	mg/L (Miligramos/Litro)
✓ Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L (Miligramos/Litro)	
✓ Nitratos	mg NO/L (Miligramos/Litro)	

✓ Zinc	mg Zn/L (Miligramos/Litro)
✓ Coliformes totales	UFC/100 mL (Unidad Formadora de Colonia por 100 Mililitros de agua)
✓ Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL (Unidad Formadora de Colonia por 100 Mililitros de agua)
✓ Bacterias Hetertróficas	UFC/100 mL (Unidad Formadora de Colonia por 100 Mililitros de agua)
✓ Escherichia Coli	UFC/100 mL (Unidad Formadora de Colonia por 100 Mililitros de agua)

---

### 3.5. Población y muestra

#### 3.5.1. Población

La población en estudio del área de influencia del sistema de abastecimiento de agua para consumo poblacional de la ciudad de Castillo Grande fueron los puntos para la toma de muestra, P1 Caisson I – FUENTE, P1 Reservorio 1000 m<sup>3</sup> – Zona Castillo Grande y P3 Red de distribución zona Castillo Grande – Domicilio, mientras que para la JASS del centro poblado Picuroyacu, los puntos de la toma de muestra fueron la captación, salida de la infraestructura del reservorio y 01 vivienda abastecida por el sistema de agua.

#### 3.5.2. Muestra

##### Cálculo de áreas de verificación

Para el cálculo de áreas de verificación se utilizó un muestreo aleatorio simple de población finita mediante la Ecuación (1).

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra buscado (lo que queremos calcular).

Z = Parámetro estadístico que depende el nivel de confianza 1,96 (95%)

p = Indica el porcentaje de aciertos estimado (probabilidad de éxito), 0,50 (50%).

q = (1 - p) indica el porcentaje de errores (probabilidad de fracaso), 0,50 (50%).

e = Error de estimación máximo aceptado (5%).

La muestra fue un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectaron datos, y se definió y delimitó con precisión y estos fueron representativos considerando su población total, con un margen de error de muestreo de 5% y una confiabilidad del 95%, puntos de monitoreo que fueron abastecidas por Seda Huánuco zona Castillo Grande y la JASS del centro poblado Picuroyacu, y lo definido en el Protocolo de etapas para toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano R.D. N° 160- 2015/DIGESA/SA.

### **3.6. Métodos**

**3.6.1. Estimar la concentración de los parámetros organolépticos (turbidez, color, y olor). físicos (pH, temperatura conductividad eléctrica), químicos (cloro residual, dureza total, aluminio, arsénico, zinc, cloruros, cobre, hierro, manganeso, nitratos y sulfatos) y los microbiológicos (bacterias coliformes totales, coliformes termotolerantes, bacterias heterotróficas y escherichia coli) del agua para consumo poblacional suministrado por Seda Huánuco zona Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu distrito Castillo Grande**

#### **3.6.1.1. Reconocimiento de la zona de estudio**

Se geolocalizó los lugares donde se obtuvieron las muestras para ser analizadas, fueron elegidas tres estaciones de monitoreo para su respectivo muestreo por seis meses de acuerdo con lo definido en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA “Reglamento De La Calidad De Agua Para Consumo Humano Monitoreo de la calidad del agua.

En base al objetivo de la investigación se realizaron el monitoreo de 22 características de calidad de agua los mismos que se detallan: 3 organolépticos (turbidez, color, y olor), 3 físicos (pH, temperatura, conductividad eléctrica), 12 químicos (cloro residual, aluminio, arsénico, zinc, cloruros, cobre, hierro, manganeso, nitratos, nitritos y sulfatos, dureza) y 4 los microbiológicos (bacterias coliformes totales, coliformes termotolerantes, bacterias heterotróficas y escherichia coli) pH, temperatura, turbiedad, conductividad, color, cloro residual, cloruros, sulfatos, dureza total, hierro, manganeso, aluminio, cobre, zinc, arsénico, nitratos, Coliformes totales, Coliformes termotolerantes o fecales, Bacterias heterotróficas y Escherichia coli.

#### **3.6.1.2. Toma de muestras de agua**

La toma de muestras se realizó en puntos de monitoreo establecidos aleatoriamente en la zona de abastecimiento de la EPS seda Huánuco, en Castillo Grande, y en

puntos de muestreo de la JASS del centro poblado Picuroyacu. Se siguió el protocolo de procesos para la toma, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano según R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA.

Se determinaron puntos de monitoreo fijos, basados en el tipo de sistema de suministro (bombeo sin tratamiento “agua cruda” y con tratamiento “agua potable”) y en los patrones generales relacionados con los objetivos de esta investigación, que se describen a continuación:

Muestreo de características de campo: se realizaron 03 muestras al mes de cada zona, para la EPS seda Huánuco S.A. se realizó en los siguientes puntos: fuente (pozo caisson I), salida de reservorio y redes de distribución, así como también para la JASS Picuroyacu captación, salida de reservorio y redes de distribución lo cual cumple con lo indicado en la R.D. N° 160- 2015/DIGESA/SA.

Muestreo de características bacteriológicas: se realizaron el estudio de 03 muestras al mes para cada zona, según la R.D. N° 160- 2015/DIGESA/SA, indica que debe realizarse 08 muestras al mes, debido a que en la norma sanitaria indican más puntos de monitoreo, por tratarse de un sistema de gravedad y bombeo con tratamiento, se consideró solo 06 muestreos al mes, para Seda Huánuco zona Castillo Grande y la JASS del centro poblado Picuroyacu, por eso es la razón de por la cual solo se consideró esa cantidad de muestreo en los puntos de monitoreo.

Muestreo de características físico-químicos: se llevó a cabo 01 muestra mensual de monitoreo, cumpliendo con lo establecido de la R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA, que indica que debe realizarse 04 muestras al año (01 muestra cada 04 meses), ya que el estudio fue desarrollado en un periodo de 06 meses consecutivos.

### **3.6.1.3. Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos de recolección de datos permitieron al investigador aproximarse a los fenómenos y extraer datos relevantes. Se utilizó una ficha de solicitud de evaluación de agua del laboratorio para obtener datos iniciales sobre el sistema de agua y su calidad. Los formularios empleados fueron:

Ficha 1: Solicitud de análisis de aguas de consumo humano. Esta ficha, utilizada al final del proceso, registró los datos de análisis físicoquímicos y microbiológicos, así como datos organolépticos (turbidez, color y olor), físicos (pH, temperatura y conductividad eléctrica), químicos (cloro residual, aluminio, arsénico, zinc, cloruros, cobre, hierro,

manganeso, nitratos, sulfatos, dureza total) y microbiológicos (bacterias coliformes totales, coliformes termotolerantes, bacterias heterotróficas y *Escherichia coli*).

Formulario 1: Registro de la comunidad anexo y/o sector. Este formulario fue utilizado para recopilar datos generales sobre los usuarios del sistema de abastecimiento de agua en la zona Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu. Fue completado antes del monitoreo y permitió definir datos como el número y tipo de fuentes de agua, accesibilidad, servicios básicos, población y autoridades.

#### **3.6.1.4. Toma, conservación y envío de muestras para el análisis físico, químico y microbiológico**

Las muestras se recolectaron a la salida de la infraestructura del reservorio y de los grifos de las viviendas. Se utilizó un frasco esterilizado y rotulado de vidrio con capacidad de 500 mL. Seguidamente se enjuagó el frasco con el agua proveniente de las mismas fuentes y se recogió abriendo el grifo en las cuales primero se limpiaron con alcohol y algodón luego se dejó purgar por unos 10 – 20 s, para luego sacar la muestra, la botella se enjuagó tres veces con la misma agua sin tocar el interior de la tapa con nuestros dedos ni manipular el borde de los frascos, se realizó el recojo de la muestra y se cerró cuidadosamente para ser llevada al laboratorio para su evaluación.

Luego, se realizaron el llenado de la cadena de custodia y de adecuación del cooler para trasladar y preservar la muestra hasta su llegada al Laboratorio de análisis de agua de Seda Huánuco, donde se realizaron el estudio de todas las muestras para definir la presencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes o fecales, bacterias heterotróficas y *E. coli*.

La fase de muestreo fue repetida en todos los puntos de colecta de muestra en un horario establecido 9 am a 12 am con una repetición por cada punto de muestra, tomando en consideración para la medición de los factores en campo de pH, turbiedad, conductividad, cloro residual, temperatura según el decreto supremo R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA

#### **3.6.1.5. Análisis químico y microbiológico**

Fue realizado en el laboratorio de empresa de Servicio de Agua y Alcantarillado EPS Seda Huánuco S.A.-Sucursal leoncio prado, los estudios físicoquímicos y microbiológicos se muestran (Tabla 9 y 10).

**Tabla 9.** Parámetros fisicoquímicos para muestreo.

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Metodología</b>
Temperatura	°C	Método Termómetro
pH	Valor de pH	Método Instrumental.
Conductividad (25 °C)	uS/cm-	Método Instrumental.
Turbiedad	UNT mg/L	Método Instrumental
Cloro residual	mg/L	
Color	UCV escala Pt/Co	Método instrumental
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	APHA-AWWAWEF 2340 Dureza-Ca-D
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> /L	APHA-AWWAWEF 4500-CL-E, WEF 4500-Nitrato Kit de prueba HI 3874
Aluminio	mg Al/L	APHA-AWWAWEF 4500-CL-E, WEF 4500-Nitrito Kit de prueba HI 3873
Arsénico	mg As/L	APHA-AWWAWEF 4500-CL-E, WEF 4500-Fosfato Kit de prueba HI 3833
Cobre	mg Cu/L	APHA-AWWAWEF 4500-CL-E, WEF 4500-Amoniaco Kit de prueba HI 3824
Cloruros	mg Cl/L	APHA-AWWAWEF 4500-CL-E, WEF 4500-Amoniaco Kit de prueba HI 3824
Hierro	mg Fe/L	APHA-AWWAWEF 4500-CL-E, WEF 4500-Fosfato Kit de prueba HI 3824
Manganeso	mg Mn/L	APHA-AWWAWEF 4500-CL-E, WEF 4500-Amoniaco Kit de prueba HI 3824

Fuente: APHAAWWA- WEF (1999)

**Tabla 10.** Parámetros microbiológicos para muestreo.

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Metodología</b>
Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	APHA AWWA-WEF Fecal Coliform Membrane Filter Procedure.
Coliformes Termo tolerantes	UFC/100 mL a 44.5°C	APHA AWWA-WEF Fecal Coliform Membrane Filter Procedure.
Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	APHA AWWA-WEF Fecal Coliform Membrane Filter Procedure.
Escherichia Coli	UFC/100 mL a 44.5°C	APHA AWWA-WEF Fecal Coliform Membrane Filter Procedure.

Fuente: APHA/WWA- WEF (1999)

**3.6.2. Comparar la concentración de los parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos del agua para consumo poblacional suministrado por Seda Huánuco zona Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu con los límites máximos permisibles, establecidos en el reglamento de calidad del agua para consumo humano (Decreto Supremo N° 031 – 2010 – S.A.) en el distrito Castillo Grande**

#### **3.6.2.1. Procesamiento del análisis estadístico de los parámetros**

Los parámetros organolépticos, fisicoquímicos turbidez, color, y olor, pH, temperatura, conductividad eléctrica, Los parámetros químicos: cloro residual, dureza total, aluminio, arsénico, zinc, cloruros, cobre, hierro, manganeso, nitratos, nitritos, sulfatos y microbiológicos: bacterias coliformes totales y termotolerantes, bacterias heterotróficas y escherichia coli) fueron expresadas en medidas de tendencia central a través de la media aritmética y de dispersión mediante la desviación estándar y valores extremos. Para ello, fueron utilizados dos herramientas de softwares, el programa estadístico SPSS V.22 y el Microsoft Office EXCEL 2016.

#### **3.6.2.2. Comparación de los parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológico con los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo poblacional (Decreto Supremo N° 031 – 2010 -S.A.)**

Los datos de campo y los resultados de estudios de laboratorio que obtuvimos

fueron contrastados con el D. S. N° 031-2010-SA- Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano y los resultados serán presentados en tablas y gráficos estadísticos.

### 3.7. Diseño de muestreo

Se utilizó el diseño descriptivo de acuerdo con el siguiente modelo:

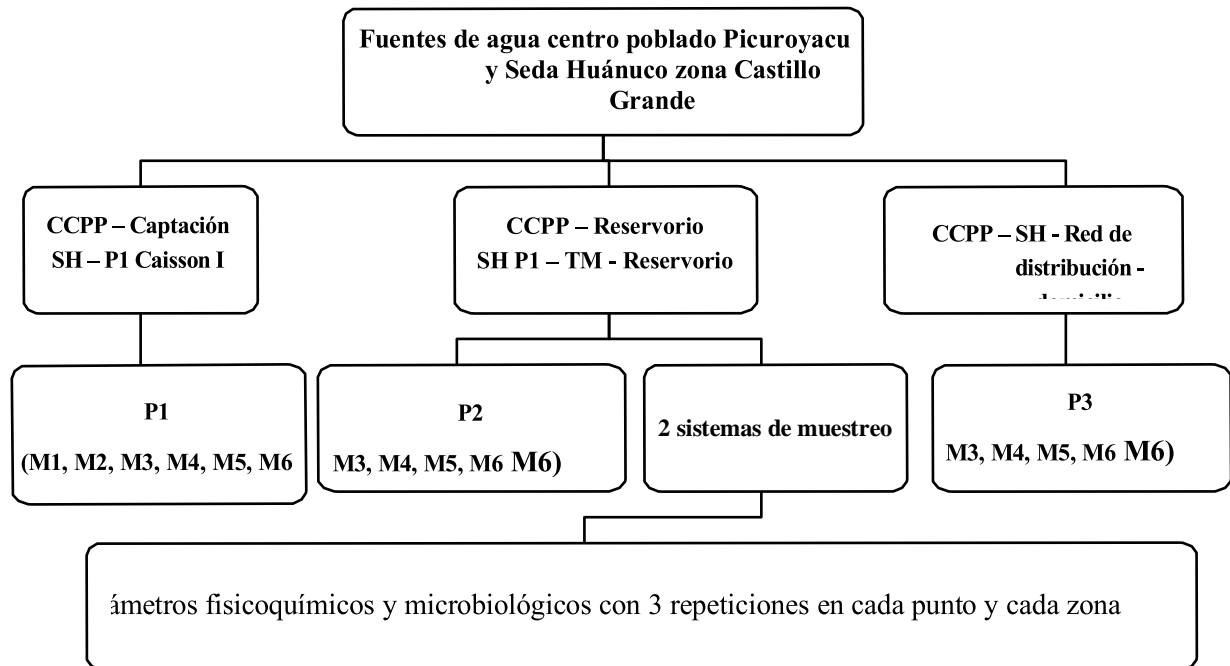


Figura 2. Diseño de muestreo por cada fuente de agua.

Leyenda: [P1]: Punto de muestreo 1 [P2]: Punto de muestreo 2, [P3]: Punto de muestreo 3” [M1]: Primer mes, [M2]: Segundo mes, [M3]: Tercer mes, [M4]: Cuarto mes, [M5]: Quinto mes y [M6]: Sexto mes.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Estimación de la concentración de los parámetros organolépticos, físicos, químicos y los microbiológicos del agua para consumo poblacional suministrado por SEDA Huánuco zona Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu

#### 4.1.1. Estimación de la concentración de los parámetros organolépticos

Los parámetros físicos, como el color, turbiedad, pH y conductividad juegan un papel crucial en la percepción y seguridad del agua que consumimos, porque el agua que cumple con estos estándares no solo es segura desde el punto de vista sanitario, sino también agradable para el consumo, por tanto, mantener el agua dentro de estos parámetros asegura que se minimicen los riesgos de enfermedades y que se maximice su aceptación por parte de la población.

##### 4.1.1.1. Color

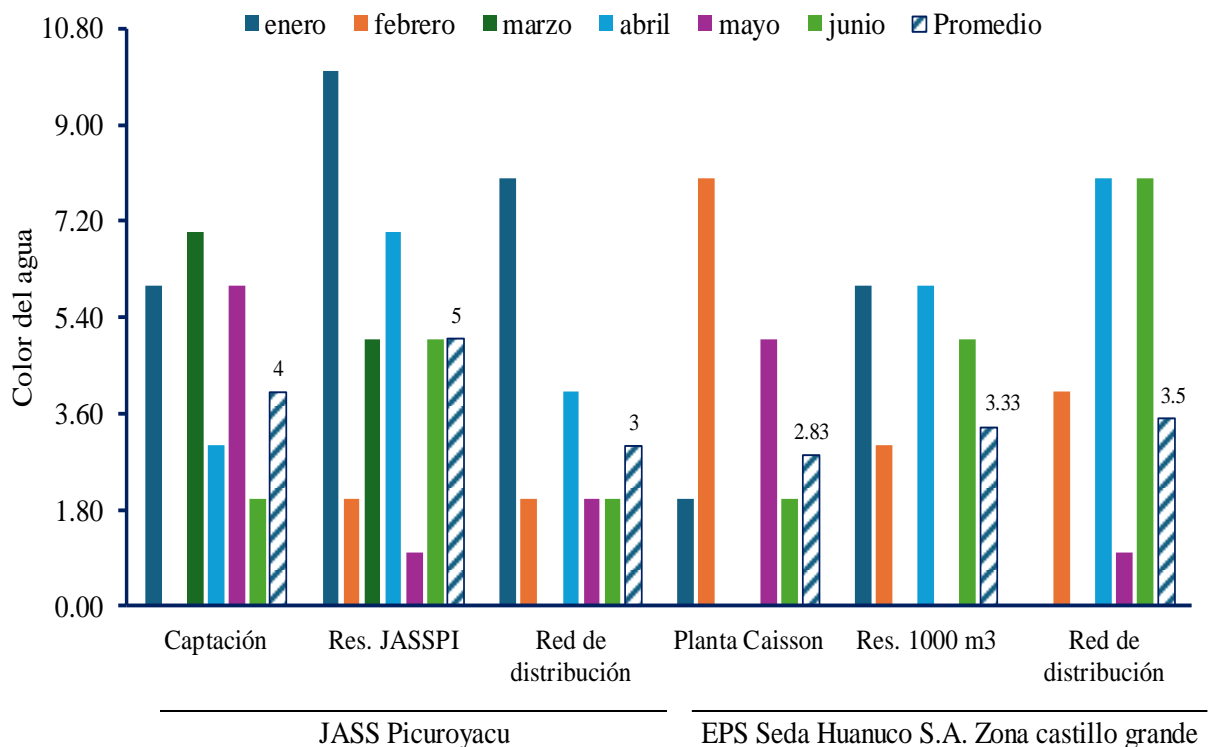
Los valores proporcionados representan el promedio del color (tabla 11 y figura 3) en seis tipos de toma de agua. El rango de valores varía entre 2.83 UCV escala Pt/Co y 5.00 UCV escala Pt/Co, lo que sugiere variaciones en la claridad del agua en las diferentes muestras. En general, un valor promedio bajo indica un agua más clara, mientras que un valor más alto podría sugerir la presencia de compuestos o partículas que afectan el color. El valor más alto, 5.00 UCV escala Pt/Co, podría requerir una evaluación adicional para asegurarse de que cumpla con los estándares de potabilidad, mientras que los valores más bajos sugieren una mejor calidad visual del agua.

**Tabla 11.** Datos recolectados para el color del agua (UCV escala Pt/Co) para consumo poblacional en Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu.

Mes/es t.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio o JASSPI	Red de distribución n	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
enero	6	10	8	2	6	0
febrero	0	2	2	8	3	4
marzo	7	5	0	0	0	0
abril	3	7	4	0	6	8

<b>mayo</b>	6	1	2	5	0	1
<b>junio</b>	2	5	2	2	5	8
<b>Promedio</b>	4.00	5.00	3.00	2.83	3.33	3.50
<b>Máximo</b>	7	10	8	8	6	8
<b>Mínimo</b>	0	1	0	0	0	0
<b>DS</b>	2.76	3.29	2.76	3.13	2.80	3.78
<b>CV</b>	68.92	65.73	91.89	110.30	84.14	108.04

Los valores promedio de color en las muestras de agua, con un máximo de 5.00 UCV escala Pt/Co en el reservorio JASSPI en Picuroyacu, indican una variación en la calidad visual del agua en diferentes tomas. Tal como menciona CEPIS/OPS (2004), esta característica estaría ligada a la turbiedad o presentarse de manera independiente. El hecho de que algunas muestras presenten valores más altos sugiere la posible presencia de compuestos que afectan el color, lo que podría requerir métodos de remoción, como la coagulación con alumbre o sulfato férrico en pH bajos.



**Figura 3.** Datos para el color del agua (UCV escala Pt/Co) para consumo poblacional.

Por otro lado, como señala Díaz (2019), la descripción detallada de estas condiciones físicas, como el color, es fundamental en el estudio de muestras de agua, ya que

aporta información crucial para estudiar la estética y calidad del recurso hídrico. En este caso, el valor más alto en Picuroyacu subraya la importancia de realizar un análisis exhaustivo para implementar posibles tratamientos.

#### 4.1.1.2. Turbiedad

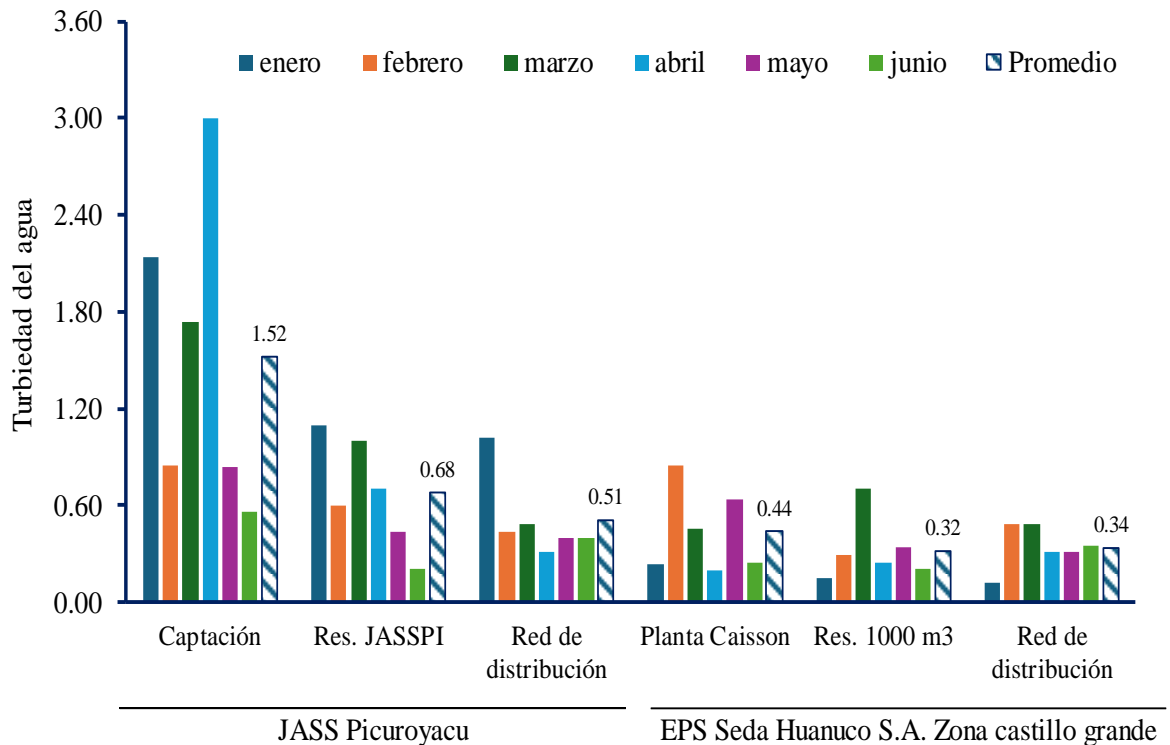
Los valores encontrados para la turbiedad del agua (tabla 12 y figura 4) en los muestreos realizados que van de 1.52 a 0.32 UNT, representan niveles de turbidez en las diferentes muestras de agua para consumo poblacional suministrado por SEDA Huánuco zona Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu, indican una baja turbidez, lo cual es un signo positivo de la claridad y calidad del agua, en tal sentido la baja turbidez sugiere que el agua tiene pocas partículas suspendidas, lo que la hace más adecuada para el consumo humano. No obstante, es importante monitorear y mantener estos niveles bajos para asegurar la seguridad y potabilidad del agua en todos los puntos de muestreo.

**Tabla 12.** Datos para la turbiedad del agua (UNT) para consumo poblacional suministrado por SEDA Huánuco.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	2.14	1.1	1.02	0.24	0.15	0.12
<b>febrero</b>	0.85	0.6	0.44	0.85	0.29	0.48
<b>marzo</b>	1.74	1	0.48	0.46	0.7	0.48
<b>abril</b>	3	0.7	0.31	0.2	0.25	0.31
<b>mayo</b>	0.84	0.44	0.4	0.64	0.34	0.31
<b>junio</b>	0.56	0.21	0.4	0.25	0.21	0.35
<b>Promedio</b>	1.52	0.68	0.51	0.44	0.32	0.34
<b>Máximo</b>	3	1.1	1.02	0.85	0.7	0.48
<b>Mínimo</b>	0.56	0.21	0.31	0.2	0.15	0.12
<b>DS</b>	0.94	0.34	0.26	0.26	0.20	0.13
<b>CV</b>	62.04	49.75	50.55	59.46	60.53	39.15

El valor más alto de turbidez, registrado en la zona de captación en Picuroyacu con 1.52 UNT, podría estar relacionado con la presencia de escorrentías pluviales provenientes de las zonas altas, tal como indican Palacios y Velastegui (2020). Estas escorrentías arrastran

partículas sólidas desde el suelo, como tierra, hojas y sedimentos del lecho del canal, lo que podría explicar el aumento en los niveles de turbidez observados en esta zona.



**Figura 4.** Datos para la turbiedad del agua (UNT) para consumo poblacional.

Además, Noboa (2021) refuerza esta idea al señalar que la turbidez se debe a la presencia de materiales en suspensión, como arena, limos y arcillas, así como microorganismos. Aunque el valor de 1.52 UNT es relativamente bajo y generalmente aceptable para el agua potable, este incremento en la zona de captación sugiere la necesidad de monitorear y posiblemente mejorar los procesos de filtración que eviten que la calidad del agua se vea afectada en el futuro.

#### 4.1.2. Estimación de la concentración de los parámetros físicos

##### 4.1.2.1. pH

Los valores de pH (tabla 13 y figura 5) en las seis zonas de toma de agua varían entre 7.20 y 7.74. El valor más alto, 7.74 que se obtiene de captación en Picuroyacu, donde indica que el agua es ligeramente alcalina, mientras que el valor más bajo, 7.20 que es un valor de la planta Caisson en Castillo Grande, se acerca al punto neutro. Según las recomendaciones generales para agua potable, un pH ideal se encuentra entre 6.5 y 8.5, lo que significa que ambos valores caen dentro de un rango aceptable para su consumo. Sin embargo, entre estos dos valores, el pH de 7.20 es más cercano al neutro y, por lo tanto, es ideal para la mayoría de los

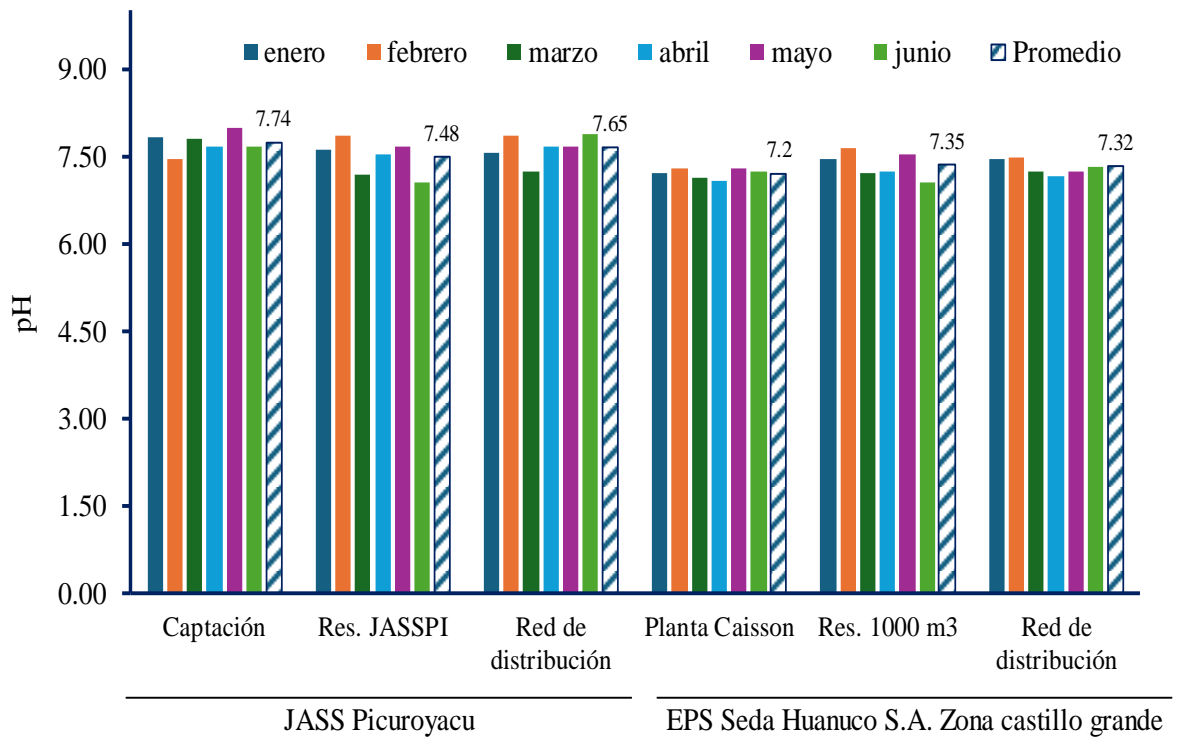
usos domésticos y de consumo, ya que minimiza tanto la corrosión de tuberías como la deposición de minerales. Aunque el valor de 7.74 sigue siendo seguro, es ligeramente más alcalino, lo que podría ser más adecuado para ciertas aplicaciones, pero menos ideal que el valor más cercano al neutro.

**Tabla 13.** Datos del pH del agua para consumo humano.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	7.84	7.6	7.56	7.2	7.45	7.46
<b>febrero</b>	7.44	7.86	7.85	7.28	7.63	7.47
<b>marzo</b>	7.81	7.18	7.25	7.12	7.2	7.25
<b>abril</b>	7.68	7.54	7.68	7.08	7.23	7.17
<b>mayo</b>	7.99	7.66	7.68	7.29	7.54	7.25
<b>junio</b>	7.68	7.06	7.87	7.24	7.06	7.33
<b>Promedio</b>	7.74	7.48	7.65	7.20	7.35	7.32
<b>Máximo</b>	7.99	7.86	7.87	7.29	7.63	7.47
<b>Mínimo</b>	7.44	7.06	7.25	7.08	7.06	7.17
<b>DS</b>	0.19	0.30	0.23	0.09	0.22	0.12
<b>CV</b>	2.41	4.06	2.97	1.19	3.01	1.67

Los valores de pH obtenidos, que cambian entre 7.20 y 7.74, se encuentran dentro de un rango aceptable para agua potable. Según CEPIS/OPS (2004), el pH es un factor clave que indica el grado de acidez o basicidad del agua. Un agua con pH menor a 6.0 puede ser corrosiva para los metales, pero en este caso, todos los valores están en un rango seguro y no representan riesgos de corrosión. El valor más bajo, 7.20 valor de la planta Caisson en Castillo Grande, es más cercano a la neutralidad y, por lo tanto, ideal para evitar tanto la corrosión como la deposición de minerales, mientras que el valor más alto, 7.74 se obtiene de la zona de captación en Picuroyacu, aunque aún seguro, indica una ligera alcalinidad.

Según la OMS (WHO, 2017), el rango de pH recomendado para el agua potable es entre 6.5 y 8.5, ya que este rango minimiza los riesgos de corrosión y deposición de minerales en sistemas de distribución de agua. Los resultados obtenidos, con valores de pH entre 7.20 y 7.74, se encuentran dentro de este rango óptimo, asegurando la estabilidad química del agua y su adecuación para su consumo.



**Figura 5.** Datos para el pH del agua para consumo poblacional en Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu.

#### 4.1.2.2. Conductividad

Los valores promedio de conductividad del agua (tabla 14 y figura 6) suministrado por SEDA Huánuco zona Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu oscilan entre  $376.27 \mu\text{S}/\text{cm}$  y  $559.48 \mu\text{S}/\text{cm}$ , con el valor más alto registrado en la red de distribución de Castillo Grande ( $559.48 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) y el valor más bajo en otra toma de muestra con  $376.27 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Los valores más altos de conductividad, como el registrado en Castillo Grande, podrían sugerir una mayor concentración de sales o compuestos disueltos en el agua, lo se debe a factores como la mineralización del agua en la fuente o posibles infiltraciones de agua salina o contaminantes y el valor más bajo,  $376.27 \mu\text{S}/\text{cm}$ , indica una menor cantidad de minerales disueltos, lo que puede ser preferible en términos de potabilidad, aunque ambos valores se encuentran dentro de un rango comúnmente aceptado para agua potable, que suele ser de 50 a  $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ , dependiendo del origen del agua y los estándares locales, por lo que es necesario monitorear regularmente estos niveles para asegurar que se mantengan dentro de los límites recomendados para ser consumido, ya que un aumento excesivo en la conductividad podría afectar la calidad del agua y la salud de los consumidores.

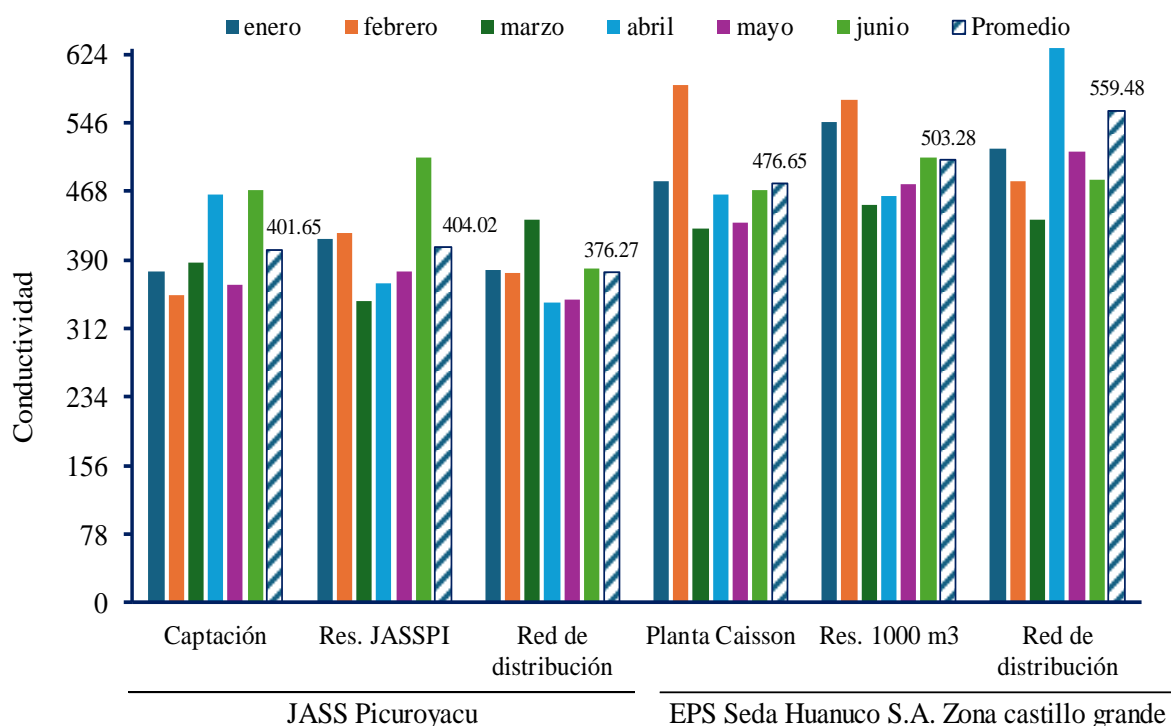
**Tabla 14.** Datos de la conductividad del agua para consumo humano.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	376.7	414.1	379.2	480.1	547.2	516.4
<b>febrero</b>	350.2	420	375.1	588.6	572.7	480.1
<b>marzo</b>	387	344	435.2	425.2	453.2	435.2
<b>abril</b>	464	363	342.1	464	463.6	931.2
<b>mayo</b>	362	377	345	432	477	513
<b>junio</b>	470	506	381	470	506	481
<b>Promedio</b>	401.65	404.02	376.27	476.65	503.28	559.48
<b>Máximo</b>	470	506	435.2	588.6	572.7	931.2
<b>Mínimo</b>	350.2	344	342.1	425.2	453.2	435.2
<b>DS</b>	52.18	57.92	33.62	58.97	48.02	184.44
<b>CV</b>	12.99	14.34	8.93	12.37	9.54	32.97

Los valores de conductividad promedio que van de 376.27  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 559.48  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indican diferentes concentraciones de sales y minerales en el agua de las seis zonas evaluadas. El valor más alto, 559.48  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , encontrado en la red de distribución de Castillo Grande, sugiere una mayor capacidad del agua para conducir electricidad, lo cual puede estar relacionado con una mayor concentración de iones disueltos. Según CEPIS/OPS (2004), la conductividad es directamente proporcional a la capacidad del agua para conducir electricidad, y está sujeta a variaciones dependiendo de la temperatura. A medida que la temperatura del agua incrementa, también lo hace la conductividad, con un incremento estimado del 2% por cada 1°C de aumento de temperatura. Por lo tanto, es posible que las diferencias observadas en los valores de conductividad entre las distintas zonas de toma de agua puedan estar influenciadas no solo por la composición química del agua, sino también por variaciones en la temperatura del ambiente y del agua misma en el momento del muestreo.

Los valores de conductividad observados, que varían entre 376.27  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 559.48  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , se encuentran dentro de un rango aceptable según la WHO (2017), aunque los valores más altos, como el registrado en la red de distribución de Castillo Grande (559.48  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), sugieren una mayor concentración de sales y minerales en el agua. Esta variación puede estar asociada a la composición geológica de la fuente de agua o a posibles influencias externas

como la contaminación. Aunque todos los valores están dentro de límites típicos, es importante seguir monitoreando para asegurar que no se excedan los niveles recomendados, lo que podría comprometer la calidad del agua potable.



**Figura 6.** Datos de la conductividad del agua ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) para consumo poblacional.

### 4.1.3. Estimación de la concentración de los parámetros químicos

#### 4.1.3.1. Cloro residual

Los valores promedio de cloro residual (tabla 15 y figura 7) en el agua, que van de  $0.00$  a  $1.12 \text{ mg L}^{-1}$ , reflejan variaciones significativas en la desinfección del agua en las diferentes zonas evaluadas. El valor más alto,  $1.12 \text{ mg L}^{-1}$ , encontrado en el reservorio JASSPI de Picuroyacu, indica una concentración apta de cloro residual, lo que sugiere una desinfección efectiva. Según las recomendaciones internacionales, como las de la OMS, el cloro residual en el agua potable debe mantenerse entre  $0.2$  y  $1.0 \text{ mg L}^{-1}$  que garantice que el agua esté libre de patógenos y sea segura para ser consumido.

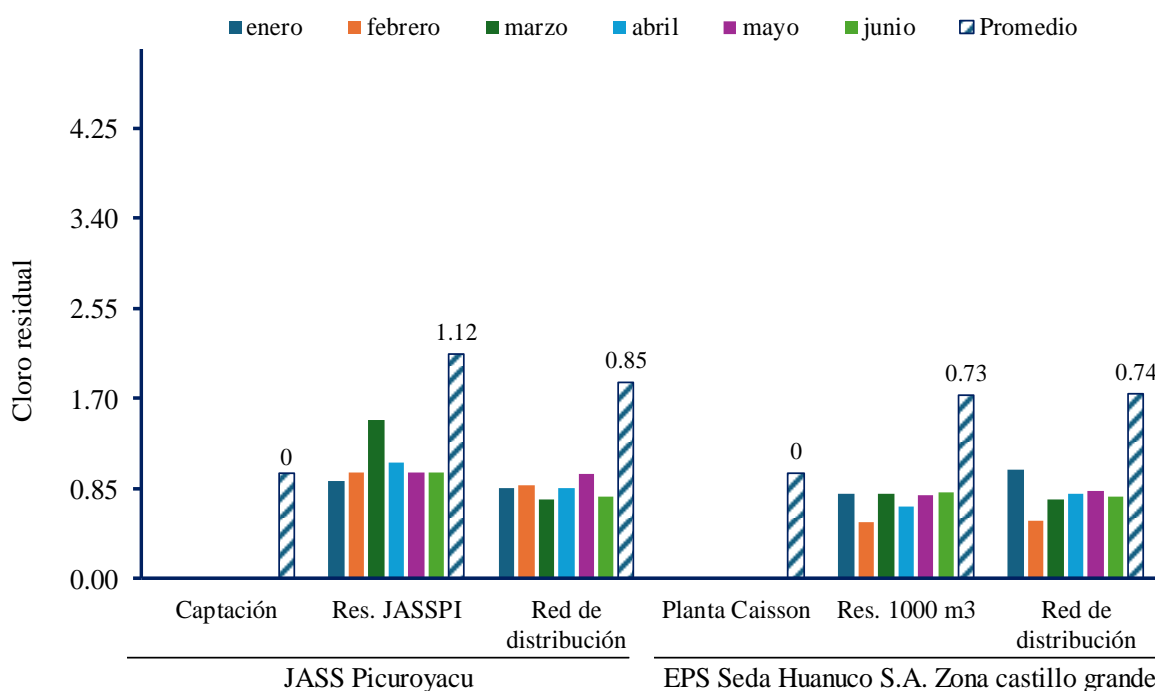
El valor más bajo,  $0.85 \text{ mg L}^{-1}$  en el reservorio  $1000 \text{ m}^3$ , refleja una menor presencia de cloruros, lo que generalmente es un buen indicador de la calidad del agua, ya que una baja concentración de cloruros suele asociarse con una menor salinidad y menor riesgo de corrosión en las tuberías. Aunque todos los valores están dentro de un rango seguro, es importante continuar monitoreando los niveles de cloruros para evitar incrementos que puedan comprometer el sabor o la seguridad del agua.

**Tabla 15.** Datos del cloro residual del agua ( $\text{mg L}^{-1}$ ) para consumo humano.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	0	0.92	0.85	0	0.8	1.03
<b>febrero</b>	0	1	0.88	0	0.54	0.55
<b>marzo</b>	0	1.5	0.75	0	0.8	0.75
<b>abril</b>	0	1.1	0.85	0	0.68	0.8
<b>mayo</b>	0	1	0.99	0	0.79	0.83
<b>junio</b>	0	1	0.78	0	0.82	0.77
<b>Promedio</b>	0.00	1.12	0.85	0.00	0.73	0.74
<b>Máximo</b>	0.00	1.50	0.99	0.00	0.82	0.83
<b>Mínimo</b>	0.00	1.00	0.75	0.00	0.54	0.55
<b>DS</b>	0.00	0.22	0.09	0.00	0.12	0.11
<b>CV</b>	0.00	19.36	11.07	0.00	16.17	14.93

De Zuane (1997) destaca que el cloro, al ser un desinfectante eficaz y de amplio espectro, es esencial en la eliminación de microorganismos patógenos en el agua potable. La presencia de un nivel apto de cloro residual asegura que el agua siga siendo segura durante su almacenamiento y distribución.

Los resultados obtenidos, con valores de cloro residual que varían entre  $0.00 \text{ mg L}^{-1}$  y  $1.09 \text{ mg L}^{-1}$ , pueden ser interpretados a la luz de la afirmación de CEPIS/OPS (2005). Según esta fuente, el cloro es ampliamente utilizado en la desinfección del agua potable debido a su potente capacidad oxidante, que destruye patógenos y mejora la calidad sensorial del agua. El valor más alto de cloro residual,  $1.09 \text{ mg L}^{-1}$  en el reservorio JASSPI de Picuroyacu, sugiere una desinfección efectiva, asegurando la eliminación de bacterias y mejorando el sabor del agua, de acuerdo con la función del cloro mencionada por CEPIS/OPS. Sin embargo, los valores de  $0.00 \text{ mg L}^{-1}$  en la zona de captación en Picuroyacu y en la planta Caisson de Castillo Grande indican la ausencia de cloro residual por ser agua cruda lo cual no hay existe presencia de cloro residual. Estos resultados subrayan la necesidad de asegurar que el cloro se aplique de manera consistente en todas las zonas de captación y tratamiento que garantice la seguridad del agua para ser consumido.



**Figura 7.** Datos del cloro residual del agua (mg L<sup>-1</sup>) para consumo poblacional.

#### 4.1.3.2. Cloruros

Los valores promedio de cloruros (tabla 16 y figura 8) en las seis muestras de agua para consumo poblacional en Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu, varían entre 25.48 mg Cl- L<sup>-1</sup> y 40.74 mg Cl- L<sup>-1</sup>. El valor más alto, 40.74 mg Cl- L<sup>-1</sup>, corresponde a la planta Caisson, mientras que el valor más bajo, 25.48 mg Cl- L<sup>-1</sup>, se encuentra en el reservorio JASSPI. Los cloruros en el agua potable provienen principalmente de sales disueltas, como el cloruro de sodio (sal de mesa), y pueden entrar al sistema de agua a través de fuentes naturales, infiltraciones de agua salina, o contaminación por actividades humanas. Según las directrices de la OMS, el límite máximo recomendado para cloruros en el agua potable es de aproximadamente 250 mg Cl- L<sup>-1</sup>, principalmente para evitar que el agua tenga un sabor salado y corrosivo.

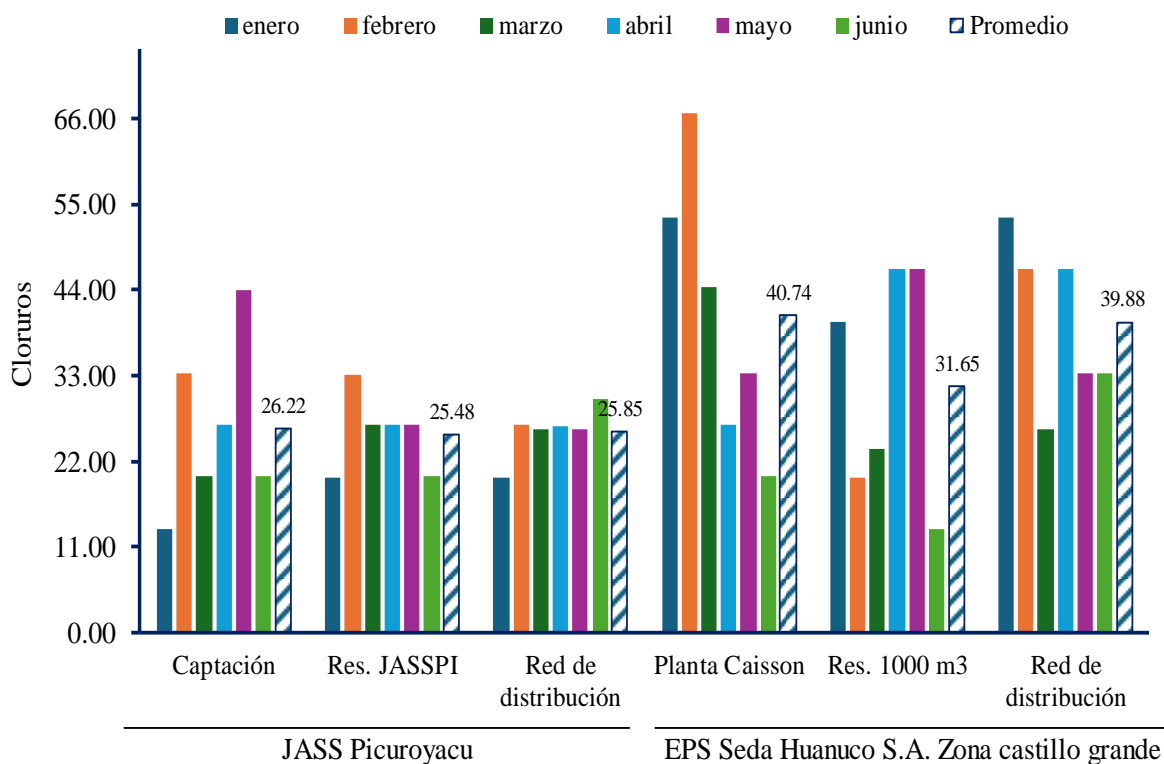
**Tabla 16.** Datos de los cloruros del agua (mg Cl- L<sup>-1</sup>) para consumo humano.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	13.3	19.9	19.9	53.32	39.9	53.32
<b>febrero</b>	33.3	33	26.7	66.75	19.9	46.65
<b>marzo</b>	20	26.7	26	44.35	23.48	26

<b>abril</b>	26.7	26.6	26.5	26.7	46.6	46.7
<b>mayo</b>	44	26.7	26	33.3	46.7	33.3
<b>junio</b>	20	20	30	20	13.3	33.3
<b>Promedio</b>	26.22	25.48	25.85	40.74	31.65	39.88
<b>Máximo</b>	44	33	30	66.75	46.7	53.32
<b>Mínimo</b>	13.3	19.9	19.9	20	13.3	26
<b>DS</b>	11.05	4.94	3.28	17.50	14.56	10.51
<b>CV</b>	42.16	19.38	12.69	42.95	46.00	26.35

Los valores de cloruros obtenidos, que van desde 25.48 mg Cl- L-1 hasta 40.74 mg Cl- L-1, se encuentran dentro de un rango moderado y no representan una amenaza significativa según las directrices internacionales. Sin embargo, al relacionarlo con la cita de CEPIS/OPS (2004), es importante destacar que las aguas superficiales generalmente no presentan concentraciones tan altas de cloruros a menos que estén influenciadas por terrenos salinos o corrientes marinas. El hecho de que el valor más alto de cloruros se haya registrado en la planta Caisson (40.74 mg Cl- L-1) podría indicar alguna influencia de fuentes salinas cercanas o una acumulación de cloruros debido a la geología del terreno. Aunque estos niveles no son alarmantes y están lejos del límite máximo recomendado de 250 mg Cl- L-1, es esencial monitorear estas concentraciones para evitar un incremento que pueda requerir métodos de tratamiento costoso y sofisticado, como lo menciona CEPIS/OPS (2004). Además, mantener estos valores bajo control asegura que no se comprometa la calidad del agua y se eviten problemas de corrosión en las infraestructuras de distribución.

Snoeyink y Jenkins (1980) explican que los cloruros en el agua pueden provenir de la disolución de minerales naturales o de la contaminación relacionada con fuentes marinas o actividades industriales. Aunque las concentraciones bajas de cloruros no son peligrosas para la salud, si se acumulan en niveles elevados, pueden afectar negativamente el sabor del agua y causar corrosión en las tuberías.



**Figura 8.** Datos del cloruro del agua (mg Cl- L<sup>-1</sup>) para consumo poblacional.

#### 4.1.3.3. Sulfatos

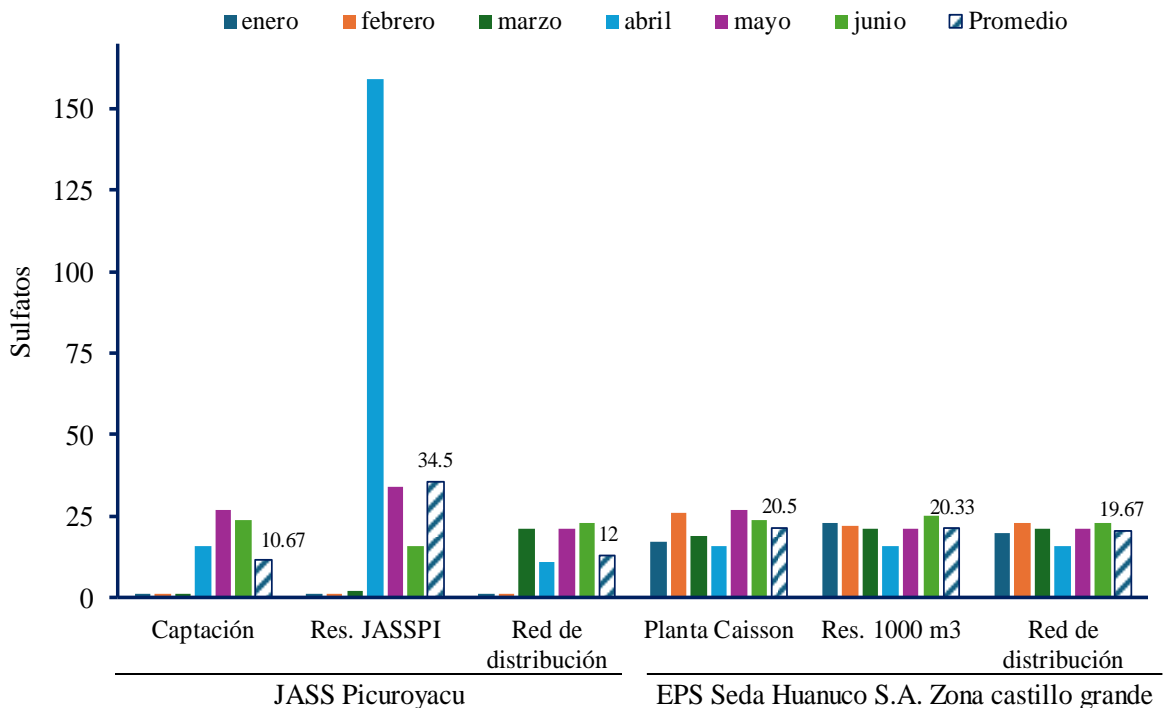
Los valores promedio de sulfatos (tabla 17 y figura 9) en las seis muestras de agua donde el valor más alto es de 34.50 mg SO<sub>4</sub>=L-1 y se encuentra en el reservorio JASSPI de Picuroyacu, mientras que el valor más bajo de 10.67 mg SO<sub>4</sub>=L-1, se encuentra en la zona de captación en Picuroyacu, el cual sugiere una menor influencia de estos factores en comparación con el reservorio JASSPI de Picuroyacu, donde el valor más alto de 34.50 mg SO<sub>4</sub>=L-1 podría indicar una mayor exposición a minerales que contienen sulfatos. Es importante monitorear estas concentraciones para asegurar que se mantengan dentro de los rangos aceptables y evitar cualquier impacto negativo en la calidad del agua.

**Tabla 17.** Datos de los sulfatos del agua (mg SO<sub>4</sub>=L<sup>-1</sup>) para consumo humano.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	0	0	0	16	22	19
<b>febrero</b>	0	0	0	25	21	22
<b>marzo</b>	0	1	20	18	20	20
<b>abril</b>	15	158	10	15	15	15

<b>mayo</b>	26	33	20	26	20	20
<b>junio</b>	23	15	22	23	24	22
<b>Promedio</b>	10.67	34.50	12.00	20.50	20.33	19.67
<b>Máximo</b>	26	158	22	26	24	22
<b>Mínimo</b>	0	0	0	15	15	15
<b>DS</b>	12.23	61.87	10.20	4.76	3.01	2.58
<b>CV</b>	114.62	179.32	84.98	23.24	14.81	13.13

Los valores de sulfatos en las muestras de agua, que van desde 10.67 SO<sub>4</sub>=L-1 hasta 34.50 SO<sub>4</sub>=L-1, indican una variación en las concentraciones de este compuesto en las diferentes zonas evaluadas. Aunque estos valores están muy por debajo de los niveles que causarían efectos adversos, es importante tener en cuenta la advertencia de CEPIS/OPS (2004), que señala que una alta proporción de sulfatos puede impartir un sabor desagradable al agua y tener un efecto laxante, especialmente en presencia de magnesio.



**Figura 9.** Datos del sulfato del agua (SO<sub>4</sub>=L-1) para consumo.

Sawyer, McCarty y Parkin (2003) explican que los sulfatos en el agua suelen originarse por la disolución de minerales y que, si se encuentran en concentraciones elevadas, pueden alterar el sabor del agua y producir efectos laxantes. Además, en ambientes ácidos, los

sulfatos pueden aumentar la corrosión en las infraestructuras de distribución de agua.

#### 4.1.3.4. Dureza total

Los valores promedio de dureza total (tabla 18 y figura 10) en las seis muestras de agua varían entre 222.65 mg Ca CO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> y 281.20 mg Ca CO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>. El valor más alto, 281.20 mg Ca CO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>, corresponde a la zona de captación en Picuroyacu, mientras que el valor más bajo, 222.65 mg Ca CO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>, se encuentra en la red de distribución de Castillo Grande.

En este caso, todos los valores indican que el agua en estas zonas es dura, lo que podría resultar en algunos inconvenientes prácticos, como la acumulación de incrustaciones en las tuberías y electrodomésticos. El valor más alto en la zona de captación en Picuroyacu con 281.20 mg Ca CO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>) sugiere que esta área tiene una mayor concentración de minerales, lo cual podría estar relacionado con la geología del terreno o la fuente de agua subterránea. Por otro lado, el valor más bajo en la red de distribución de Castillo Grande con 222.65 mg Ca CO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>, el cual indica una dureza un poco menor, pero aún dentro de la categoría de agua dura."

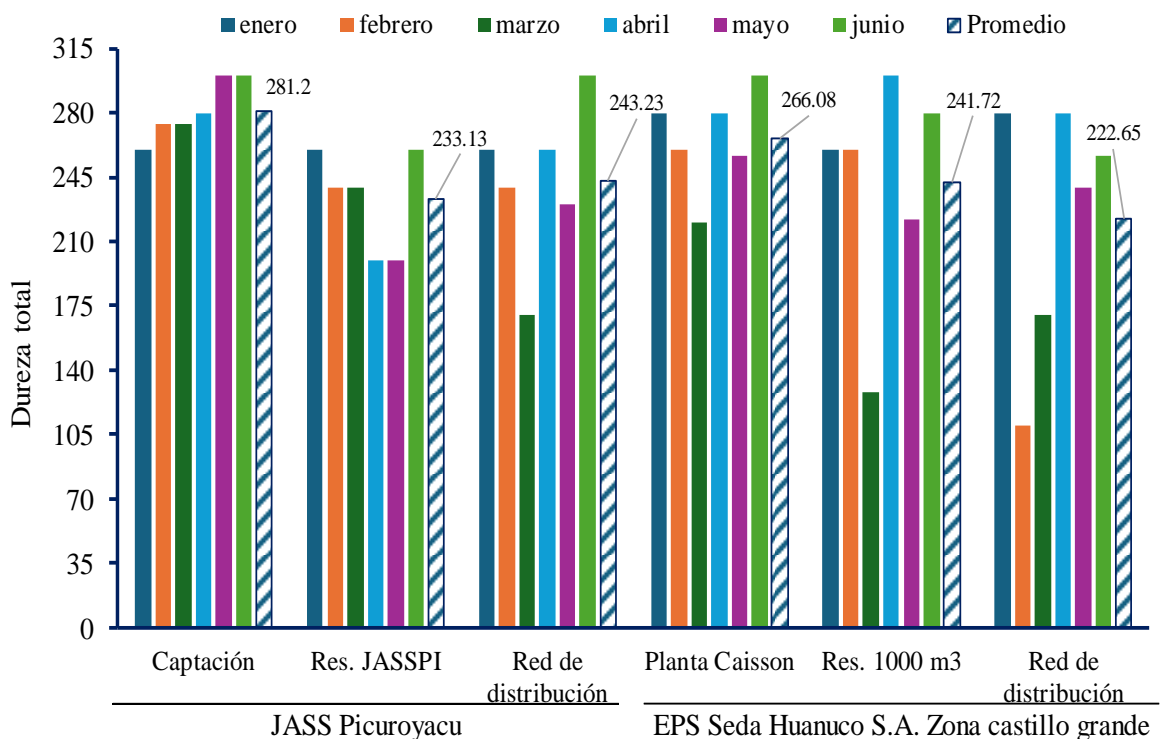
**Tabla 18.** Datos de la dureza total del agua (mg Ca CO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>) para consumo humano.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	260	260	260	280	260	280
<b>febrero</b>	273.6	239.4	239.4	260	260	110
<b>marzo</b>	273.6	239.4	170	220	128	170
<b>abril</b>	280	200	260	280	300	280
<b>mayo</b>	300	200	230	256.5	222.3	239.4
<b>junio</b>	300	260	300	300	280	256.5
<b>Promedio</b>	281.20	233.13	243.23	266.08	241.72	222.65
<b>Máximo</b>	300	260	300	300	300	280
<b>Mínimo</b>	260	200	170	220	128	110
<b>DS</b>	15.96	27.27	43.21	27.53	61.38	68.51
<b>CV</b>	5.67	11.70	17.77	10.35	25.39	30.77

Los valores de dureza total en las muestras de agua, que oscilan entre 222.65 mg Ca CO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> y 281.20 mg Ca CO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>, están dentro del rango recomendado por la OMS, que establece que el agua potable debe tener una concentración de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>)

entre 100 mg Ca CO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> y 500 mg Ca CO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>. Según la OMS (2006), estos niveles de dureza indican que el agua es dura, lo cual tendría efectos tanto positivos como negativos.

De Zuane (1997) explica que la dureza del agua se debe básicamente a la presencia de C y Mg. Aunque no representa un peligro directo para la salud, el agua dura afectaría la calidad del agua en el hogar, ya que puede provocar la formación de depósitos en tuberías y electrodomésticos, lo que incrementa los costos de mantenimiento y disminuye la eficiencia de los sistemas de agua."



**Figura 10.** Datos de la dureza total del agua (mg Ca CO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>) para consumo poblacional.

#### 4.1.3.5. Hierro

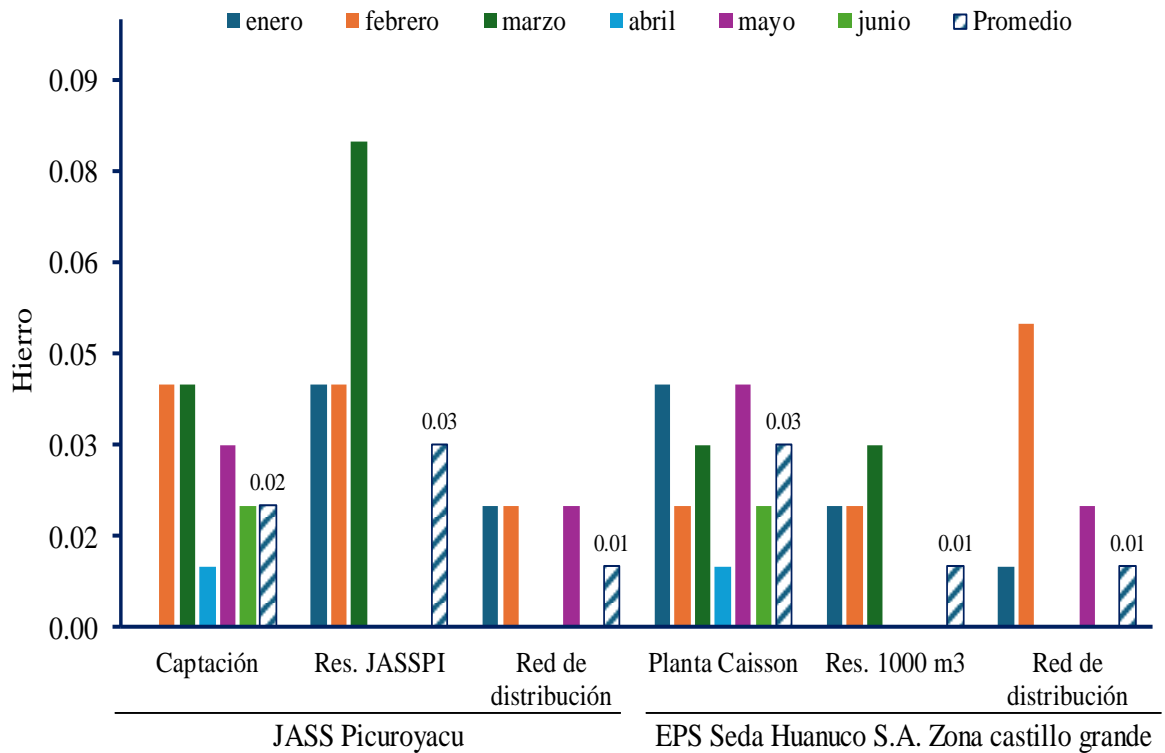
Los valores promedio de hierro en las muestras de agua varían entre 0.01 mg Fe L<sup>-1</sup> y 0.03 mg Fe L<sup>-1</sup>, donde el valor más alto, 0.03 mg Fe L<sup>-1</sup> está presente tanto en el reservorio JASSPI de Picuroyacu como en la planta Caisson en Castillo Grande, mientras que el valor más bajo, 0.01 mg Fe L<sup>-1</sup>, se registra en la red de distribución de Picuroyacu, así como en el reservorio y las redes de distribución de Castillo Grande.

**Tabla 19.** Datos del hierro del agua ( $\text{mg Fe L}^{-1}$ ) para consumo humano.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	0	0.04	0.02	0.04	0.02	0.01
<b>febrero</b>	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.05
<b>marzo</b>	0.04	0.08	0	0.03	0.03	0
<b>abril</b>	0.01	0	0	0.01	0	0
<b>mayo</b>	0.03	0	0.02	0.04	0	0.02
<b>junio</b>	0.02	0	0	0.02	0	0
<b>Promedio</b>	0.02	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01
<b>Máximo</b>	0.04	0.08	0.02	0.04	0.03	0.05
<b>Mínimo</b>	0	0	0	0.01	0	0
<b>DS</b>	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02
<b>CV</b>	69.99	122.47	109.54	45.41	113.93	147.48

Chapman (1996) destaca que, aunque el hierro es vital para los seres vivos, cuando se encuentra en concentraciones elevadas en el agua puede deteriorar su calidad. Puede causar manchas en la ropa, acumulaciones en las tuberías y problemas de sabor y color, lo que influye negativamente en cómo los consumidores perciben la potabilidad del agua.

Los valores de hierro en las muestras de agua, que varían entre 0.01 mg Fe L<sup>-1</sup> y 0.03 mg Fe L<sup>-1</sup>, están muy por debajo de los niveles que podrían causar problemas significativos, lo cual está en línea con la cita de la OMS (2006). Según la OMS, aunque el hierro es un compuesto esencial para el organismo humano, su presencia en el agua afectaría negativamente el sabor, manchar artefactos sanitarios y ropa, y causar depósitos en las redes de distribución, lo que podría provocar obstrucciones. En este caso, los valores de hierro encontrados en el reservorio JASSPI de Picuroyacu y en la planta Caisson de Castillo Grande (0.03 mg Fe L<sup>-1</sup>) son bajos y no se espera que causen estos efectos negativos. Sin embargo, es importante seguir monitoreando estos niveles para asegurar que no aumenten, ya que concentraciones más altas podrían generar problemas estéticos y operacionales en las redes de distribución.



**Figura 11.** Datos del hierro del agua (mg Fe L-1) para consumo poblacional.

#### 4.1.3.6. Manganeso

Los valores de manganeso del agua (tabla 20 y figura 12) suministrada por SEDA Huánuco para consumo poblacional en el distrito de Castillo Grande y el centro poblado de Picuroyacu, presentan variaciones significativas en sus valores obtenidos, presentando el valor más alto de 0.31 mg Mn L-1 el cual se encuentra en el reservorio de 100 m<sup>3</sup> en el distrito de Castillo Grande, lo que sugiere una mayor concentración de manganeso posiblemente debido a la acumulación en el reservorio o a la calidad del agua fuente. Por otro lado, el valor más bajo de 0.17 mg Mn L-1 se registra en la red de distribución de Picuroyacu, lo que indica un buen control del contenido de manganeso, probablemente gracias a un tratamiento de agua más efectivo o a una fuente de agua más limpia por tanto es recomendable considerar la posibilidad de mejorar los procesos de tratamiento en el reservorio de Castillo Grande para reducir las concentraciones de manganeso, mientras que en la red de Picuroyacu se debería mantener el control actual.

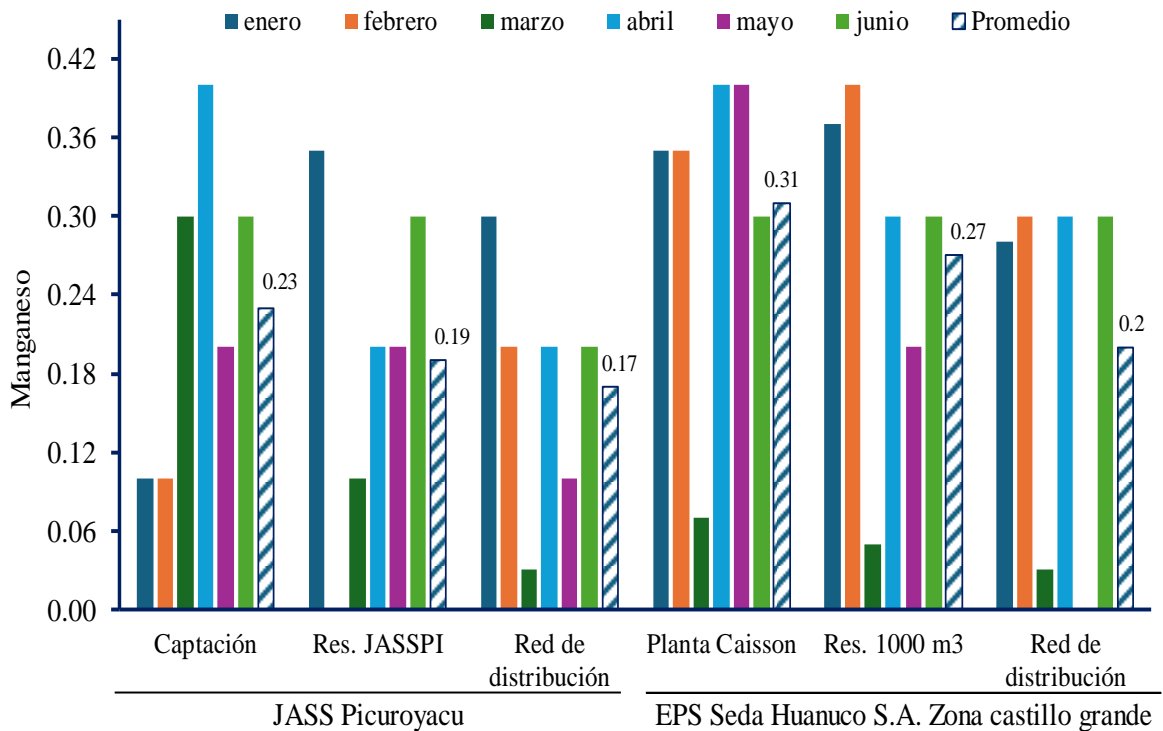
**Tabla 20.** Datos del manganeso del agua (mg Mn L<sup>-1</sup>) para consumo.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 100 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	0.1	0.35	0.3	0.35	0.37	0.28
<b>febrero</b>	0.1	0	0.2	0.35	0.4	0.3
<b>marzo</b>	0.3	0.1	0.03	0.07	0.05	0.03
<b>abril</b>	0.4	0.2	0.2	0.4	0.3	0.3
<b>mayo</b>	0.2	0.2	0.1	0.4	0.2	0
<b>junio</b>	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3
<b>Promedio</b>	0.23	0.19	0.17	0.31	0.27	0.20
<b>Máximo</b>	0.4	0.35	0.3	0.4	0.4	0.3
<b>Mínimo</b>	0.1	0	0.03	0.07	0.05	0
<b>DS</b>	0.12	0.13	0.09	0.12	0.13	0.15
<b>CV</b>	51.90	66.85	54.70	39.84	47.43	71.95

En el caso de Castillo Grande, la concentración más alta de manganeso de 0.31 mg Mn L<sup>-1</sup> podría estar relacionada con la acumulación de este elemento en el reservorio, posiblemente debido a condiciones anaerobias que facilitan la liberación de manganeso desde los sedimentos, según la OMS (2011) el estancamiento del agua en el reservorio y la falta de suficiente oxigenación pueden contribuir a la persistencia del manganeso en el agua almacenada. Aunque esta concentración aún está por debajo del límite recomendado de 0.4 mg/L por la OMS para la calidad estética del agua, sería prudente mejorar los procesos de tratamiento en esta área para prevenir posibles problemas a largo plazo, tanto estéticos como de salud.

En contraste, la red de distribución de Picuroyacu muestra una concentración más baja de 0.17 mg Mn L<sup>-1</sup>, lo que indica un manejo más efectivo del manganeso. Esto podría deberse a un tratamiento más eficiente o a la calidad superior de la fuente de agua, según la OMS (2006) el control adecuado del manganeso en una red de distribución es crucial para mantener la calidad del agua, ya que niveles más altos pueden afectar el sabor, el color, y, en concentraciones extremas, pueden tener efectos neurológicos en humanos tras una exposición prolongada. Dado que el manganeso, a pesar de ser esencial en bajas cantidades, puede generar problemas cuando se encuentra en concentraciones elevadas en el agua, es importante continuar

con el monitoreo regular."



**Figura 12.** Datos del manganeso del agua ( $\text{mg Mn L}^{-1}$ ) para consumo poblacional.

#### 4.1.3.7. Aluminio

Los valores promedio de aluminio del agua (tabla 21 y figura 13) muestreada y analizada en las diferentes ubicaciones están entre  $0.04 \text{ mg Al L}^{-1}$  y  $0.06 \text{ mg Al L}^{-1}$ , donde el valor más alto de  $0.06 \text{ mg Al L}^{-1}$ , se encuentra en el reservorio de  $100 \text{ m}^3$  del distrito de Castillo Grande, mientras que en contraste el valor más bajo de  $0.04 \text{ mg Al L}^{-1}$  proviene de la captación de agua en el C.P. de Picuroyacu, valores altos como en Castillo Grande podría estar relacionado con la acumulación de aluminio en el reservorio debido a procesos naturales o al uso de compuestos de Al en el tratamiento del agua, siendo común en reservorios donde el agua puede estar en contacto prolongado con materiales que contienen aluminio, aunque este nivel no representa un riesgo significativo, es importante mantener la vigilancia para asegurar que no aumente con el tiempo. Por otro lado, la captación de agua en el C.P. de Picuroyacu muestra el valor más bajo de aluminio de  $0.04 \text{ mg Al L}^{-1}$ , lo que nos indica una buena calidad del agua en esta fuente de suministro. La baja concentración sugiere que el agua captada tiene una mínima exposición a compuestos de aluminio, lo que podría estar relacionado con características geológicas favorables o con una mayor eficiencia en el tratamiento previo al almacenamiento.

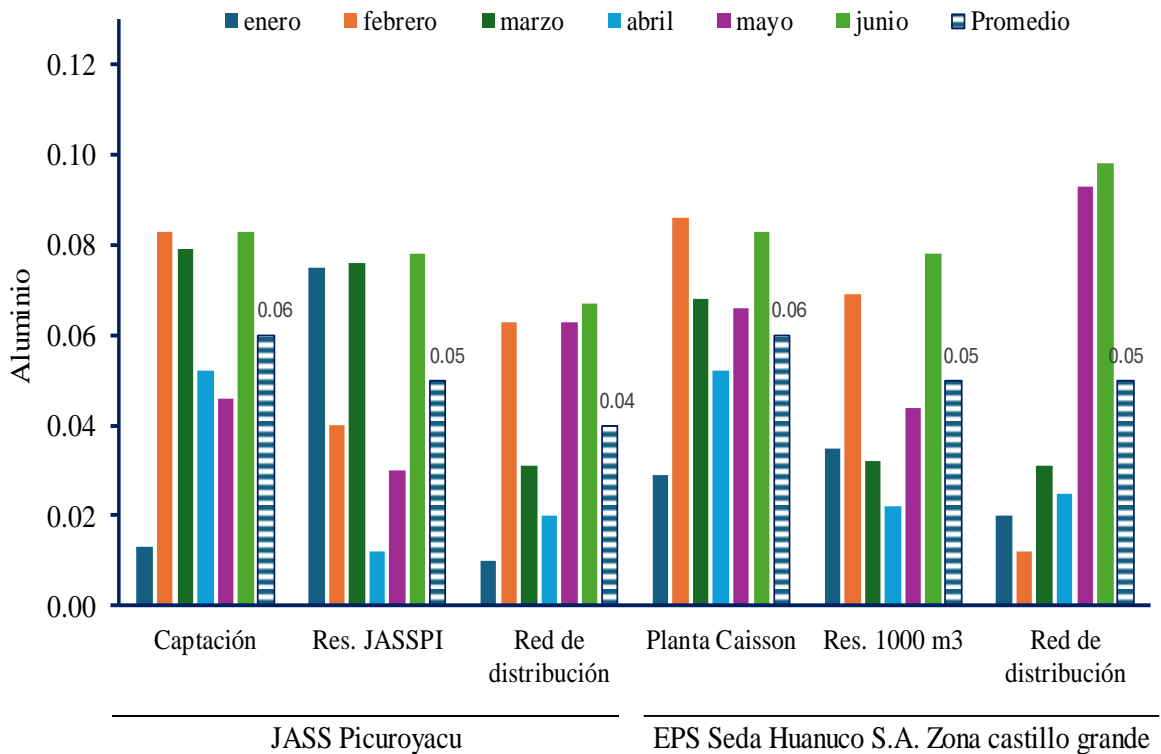
**Tabla 21.** Datos del aluminio del agua ( $\text{mg Al L}^{-1}$ ) para consumo humano.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	0.013	0.075	0.01	0.029	0.035	0.02
<b>febrero</b>	0.083	0.04	0.063	0.086	0.069	0.012
<b>marzo</b>	0.079	0.076	0.031	0.068	0.032	0.031
<b>abril</b>	0.052	0.012	0.02	0.052	0.022	0.025
<b>mayo</b>	0.046	0.03	0.063	0.066	0.044	0.093
<b>junio</b>	0.083	0.078	0.067	0.083	0.078	0.098
<b>Promedio</b>	0.06	0.05	0.04	0.06	0.05	0.05
<b>Máximo</b>	0.083	0.078	0.067	0.086	0.078	0.098
<b>Mínimo</b>	0.013	0.012	0.01	0.029	0.022	0.012
<b>DS</b>	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04
<b>CV</b>	46.98	54.63	59.15	33.03	47.41	82.79

Según la OMS (2011) el aluminio en bajas concentraciones generalmente no representa un riesgo para la salud, pero en concentraciones más altas puede ser preocupante, especialmente para personas con problemas renales. Dado que los valores actuales están muy por debajo del límite recomendado, el agua tratada en estas zonas es apta para ser consumida. Sin embargo, es esencial continuar con el monitoreo regular que asegure que los niveles de aluminio se mantengan dentro de los parámetros aceptables.

Según la OMS (2006) las fuentes más comunes de Al en el agua de consumo provienen del Al de origen natural y de las sales de Al que se utilizan como coagulantes en los procesos de tratamiento del agua, en el caso del reservorio de Castillo Grande, donde se registra el valor más alto de aluminio ( $0.06 \text{ mg Al L}^{-1}$ ), es probable que la acumulación de aluminio se deba al uso de coagulantes en el tratamiento del agua o a la interacción del agua con materiales naturales que contienen aluminio, en el caso de la captación de agua en Picuroyacu muestra el valor más bajo de aluminio ( $0.04 \text{ mg Al L}^{-1}$ ), lo que indica una fuente de agua con menor contenido de aluminio natural o un proceso de tratamiento que no requiere coagulantes a base de aluminio. En general podemos decir que niveles altos de aluminio puede provocar la precipitación de flóculos de hidróxido de aluminio, lo que causa turbidez y puede llevar a quejas por parte de los consumidores debido a la coloración del agua y la acumulación de depósitos en

los sistemas de distribución.



**Figura 13.** Datos del aluminio del agua (mg Al L<sup>-1</sup>) para consumo.

#### 4.1.3.8. Cobre

Los valores promedio de cobre (tabla 22 y figura 14) en las distintas zonas varían con el valor más alto de 0.16 mg Cu L<sup>-1</sup> en el reservorio de 100 m<sup>3</sup> de Castillo Grande y el más bajo de 0.07 mg Cu L<sup>-1</sup> en la captación de agua en Picuruyacu, la concentración más alta en Castillo Grande podría estar relacionada con la corrosión de las tuberías o la infraestructura de almacenamiento, lo que sugiere la necesidad de monitoreo constante para evitar problemas futuros, en contraste en Picuruyacu, el bajo nivel de cobre indica una menor exposición a fuentes de este metal, posiblemente debido a mejores condiciones ambientales o de tratamiento. Aunque las concentraciones están dentro de los rangos aceptables, es esencial mantener un control para prevenir efectos negativos a largo plazo.

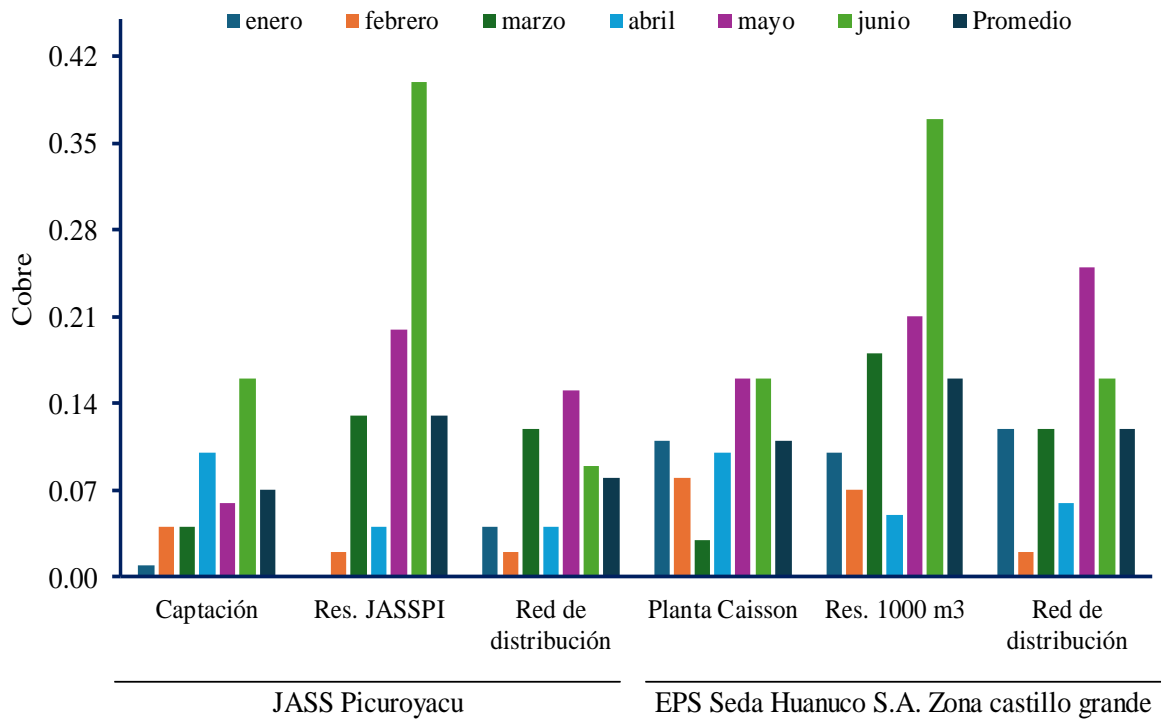
**Tabla 22.** Datos del cobre del agua (mg Cu L<sup>-1</sup>) para consumo humano.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	0.01	0	0.04	0.11	0.1	0.12
<b>febrero</b>	0.04	0.02	0.02	0.08	0.07	0.02

<b>marzo</b>	0.04	0.13	0.12	0.03	0.18	0.12
<b>abril</b>	0.1	0.04	0.04	0.1	0.05	0.06
<b>mayo</b>	0.06	0.2	0.15	0.16	0.21	0.25
<b>junio</b>	0.16	0.4	0.09	0.16	0.37	0.16
<b>Promedio</b>	0.07	0.13	0.08	0.11	0.16	0.12
<b>Máximo</b>	0.16	0.4	0.15	0.16	0.37	0.25
<b>Mínimo</b>	0.01	0	0.02	0.03	0.05	0.02
<b>DS</b>	0.05	0.15	0.05	0.05	0.12	0.08
<b>CV</b>	78.76	115.12	67.36	46.56	72.82	65.84

Los valores promedio de cobre registrados en el reservorio de 100 m<sup>3</sup> en Castillo Grande y en la captación de agua en Picuroyacu, Según la OMS (2006) se ve con frecuencia en aguas superficiales en densidades menores a 1 mg Cu L-1, lo que coincide con los resultados observados. No obstante, la existencia de cobre en el agua se relaciona básicamente con la corrosión de cañerías, la erosión de depósitos naturales y el percolado de conservantes de madera. En el caso de Castillo Grande, el valor más alto de 0.16 mg Cu L-1 podría estar relacionado con la corrosión de las cañerías o la infraestructura del reservorio, lo que indica la importancia de continuar monitoreando para evitar posibles problemas en la calidad del agua y en Picuruyacu (0.07 mg Cu L-1) sugiere una menor exposición a fuentes de cobre, probablemente debido a una mejor conservación de la infraestructura o condiciones ambientales más favorables que reducen la corrosión.

Según la OMS (2011) en concentraciones más altas, el cobre favorecería la corrosión de otros metales, como el Al y el zinc, y alterar el sabor del agua, lo que podría generar quejas por parte de los consumidores. Aunque los niveles de cobre observados están dentro de los rangos recomendados por la OMS, por lo que resulta crucial mantener un monitoreo constante para asegurar que estos valores no se incrementen, lo que podría afectar la calidad estética del agua y, en casos extremos, tener implicaciones para la salud.



**Figura 14.** Datos del cobre del agua (mg Cu L<sup>-1</sup>) para consumo poblacional.

#### 4.1.3.9. Zinc

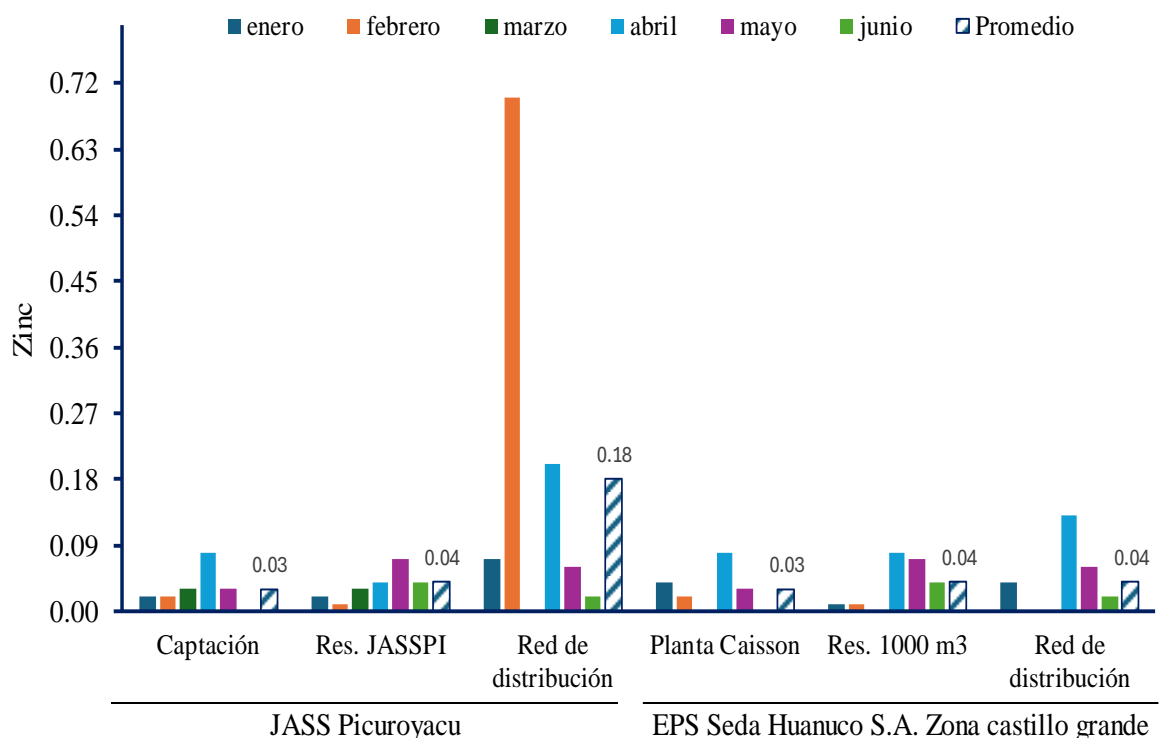
Los promedios de zinc (tabla 23 y figura 15) en las distintas zonas varían significativamente, donde el valor más alto de 0.18 mg Zn L<sup>-1</sup> se encuentra en la red de distribución de Picuroyacu, mientras que los valores más bajos de 0.03 mg Zn L<sup>-1</sup> se registran en la planta Caisson de Castillo Grande y en la captación de agua en Picuroyacu. Esta diferencia es notable, ya que el valor más alto es seis veces mayor que los valores más bajos, lo cual podría sugerir variaciones importantes en la calidad del agua, las fuentes de contaminación, o las condiciones de la infraestructura en las distintas zonas donde se ha muestreado.

**Tabla 23.** Datos recolectados para el zinc del agua (mg Zn L<sup>-1</sup>) para consumo.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	0.02	0.02	0.07	0.04	0.01	0.04
<b>febrero</b>	0.02	0.01	0.7	0.02	0.01	0
<b>marzo</b>	0.03	0.03	0	0	0	0
<b>abril</b>	0.08	0.04	0.2	0.08	0.08	0.13
<b>mayo</b>	0.03	0.07	0.06	0.03	0.07	0.06

<b>junio</b>	0	0.04	0.02	0	0.04	0.02
<b>Promedio</b>	0.03	0.04	0.18	0.03	0.04	0.04
<b>Máximo</b>	0.08	0.07	0.7	0.08	0.08	0.13
<b>Mínimo</b>	0	0.01	0	0	0	0
<b>DS</b>	0.03	0.02	0.27	0.03	0.03	0.05
<b>CV</b>	89.44	59.25	152.29	105.69	96.89	117.98

Los promedios de zinc en tus resultados varían entre 0.03 mg Zn L<sup>-1</sup> y 0.18 mg Zn L<sup>-1</sup>, con el valor más alto registrado en la red de distribución de Picuroyacu. Según la OMS (2022), la existencia de zinc en el agua de suministro se relaciona comúnmente con el contacto con estructuras galvanizadas o de bronce, debido a que el zinc es un compuesto anfótero, puede permanecer soluble tanto en condiciones de pH ácido como alcalino, lo que hace que su remoción sea difícil. Aunque los niveles observados no representan un riesgo directo para la salud, concentraciones más altas afectaría la aceptabilidad del agua debido a problemas estéticos como sabor metálico y turbidez.



**Figura 15.** Datos para el zinc del agua (mg Zn L<sup>-1</sup>) para consumo poblacional.

Este hecho resalta la importancia de monitorear las condiciones de las tuberías y accesorios en la red de distribución, especialmente en Picuroyacu, donde los niveles más altos podrían indicar una mayor corrosión de las estructuras metálicas, aunque según señala

CEPIS/OPS (2004) el zinc no suele representar un riesgo para la salud a bajas concentraciones, su presencia puede afectar el sabor del agua y la percepción de su calidad. Además, la dificultad en su remoción sugiere que se deben implementar estrategias preventivas para minimizar su liberación en el sistema de agua.

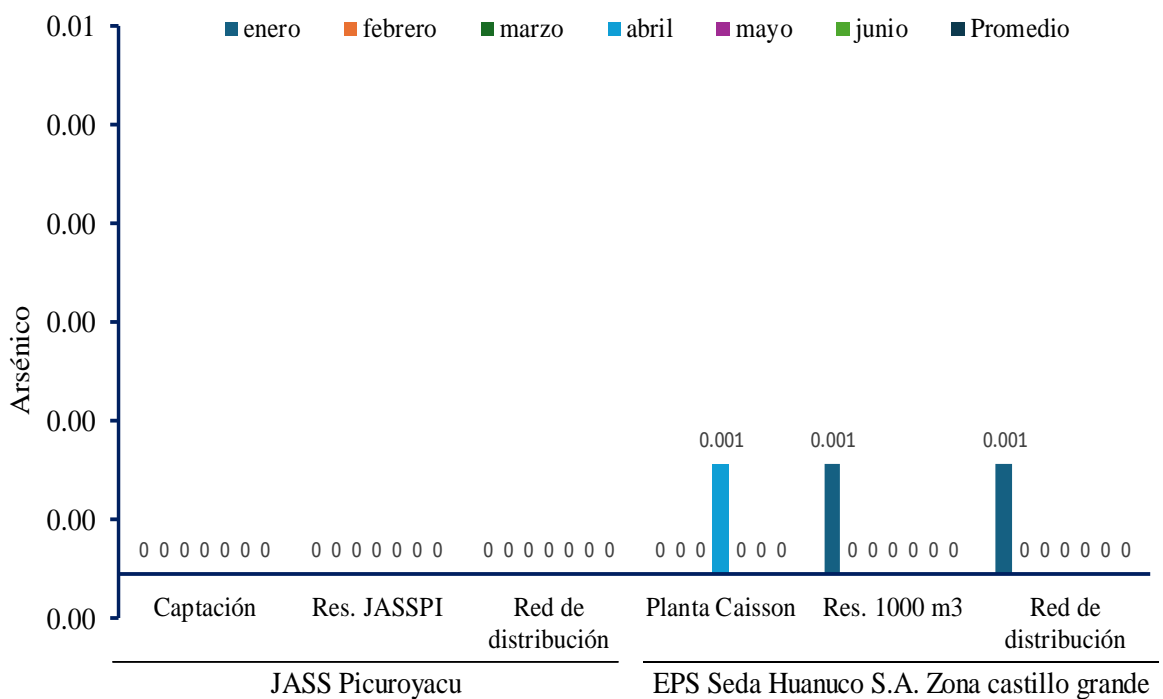
#### 4.1.3.10. Arsénico

Los resultados de arsénico en el agua (tabla 24 y figura 16) muestreada en las distintas zonas del agua suministrado por SEDA Huánuco zona Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu donde se observa valores de 0.00 mg As L<sup>-1</sup> en todas las muestras, indican una ausencia de este contaminante en las fuentes de agua analizadas. Esto es un resultado positivo, ya que el arsénico es un elemento tóxico que causaría serios problemas de salud, como cáncer de piel y enfermedades cardiovasculares, cuando se encuentra en concentraciones elevadas en el agua potable. La OMS recomienda un límite máximo de 0.01 mg As L<sup>-1</sup> de arsénico en agua potable para evitar riesgos a largo plazo. La ausencia de arsénico en las muestras sugiere que las fuentes de agua y las fases de tratamiento en estas zonas están funcionando adecuadamente para mantener la calidad del agua dentro de los estándares internacionales, sin embargo, es necesario continuar monitoreando regularmente para asegurar que el arsénico no se acumule en el futuro, especialmente en áreas donde la geología local puede liberar este contaminante en el agua subterránea.

**Tabla 24.** Datos recolectados para el arsénico del agua (mg As L<sup>-1</sup>) para consumo.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	0	0	0	0	0.001	0.001
<b>febrero</b>	0	0	0	0	0	0
<b>marzo</b>	0	0	0	0	0	0
<b>abril</b>	0	0	0	0.001	0	0
<b>mayo</b>	0	0	0	0	0	0
<b>junio</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Promedio</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Máximo</b>	0	0	0	0.001	0.001	0.001
<b>Mínimo</b>	0	0	0	0	0	0
<b>DS</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>CV</b>	0.00	0.00	0.00	244.95	244.95	244.95

Los resultados promedio de arsénico de  $0.00 \text{ mg As L}^{-1}$  en todas las muestras indican que no se detectó arsénico en las fuentes de agua analizadas, lo cual es una señal positiva en términos de salud pública. Según la OMS (2006), el arsénico se distribuye ampliamente en la tierra, principalmente en forma de sulfuros, arseniatos y arseniuros metálicos. La fuente básica de arsénico en el agua potable proviene de la disolución de estos minerales de origen natural. Aunque los resultados actuales no muestran presencia de arsénico, es fundamental seguir monitoreando, ya que factores geológicos pueden causar una liberación de este contaminante en el agua subterránea.



**Figura 16.** Datos para el arsénico del agua ( $\text{mg As L}^{-1}$ ) para consumo.

También, los resultados de  $0.00 \text{ mg As L}^{-1}$  de arsénico en todas las muestras de agua suministrado por SEDA Huánuco zona Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu indican una ausencia total de este contaminante, lo cual es favorable considerando los riesgos que el arsénico representa para la salud. Según Smedley y Kinniburgh (2002), el arsénico en aguas subterráneas es un problema común en regiones con actividad volcánica o procesos hidrotermales que liberan minerales arsenicales. Aunque en este caso no se detectó arsénico, es importante mantener un monitoreo constante, ya que factores geológicos pueden cambiar las condiciones del agua subterránea. Como señalan Bundschuh et al. (2005), la oxidación de minerales ricos en arsénico puede llevar a la liberación de este elemento en el agua, incluso en áreas previamente consideradas seguras.

#### 4.1.3.11. Nitratos

Los datos de nitratos en el agua (tabla 25 y figura 17) muestran diferencias sustanciales donde el valor más alto de 1.15 mg NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> proviene del reservorio de 100 m<sup>3</sup> en Castillo Grande, lo que indica una posible mayor exposición a fuentes de contaminación por nitratos, como la escorrentía agrícola o la infiltración de fertilizantes. Por otro lado, el valor más bajo de 0.47 mg NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> se registra en el reservorio JASSPI de Picuruyacu, lo que sugiere una menor influencia de estas fuentes de nitratos. Estos resultados resaltan la importancia de monitorear constantemente las variaciones entre las diferentes áreas para mantener la calidad del agua. Esta diferencia entre las ubicaciones destaca la importancia de estrategias personalizadas de gestión del agua para prevenir la contaminación.

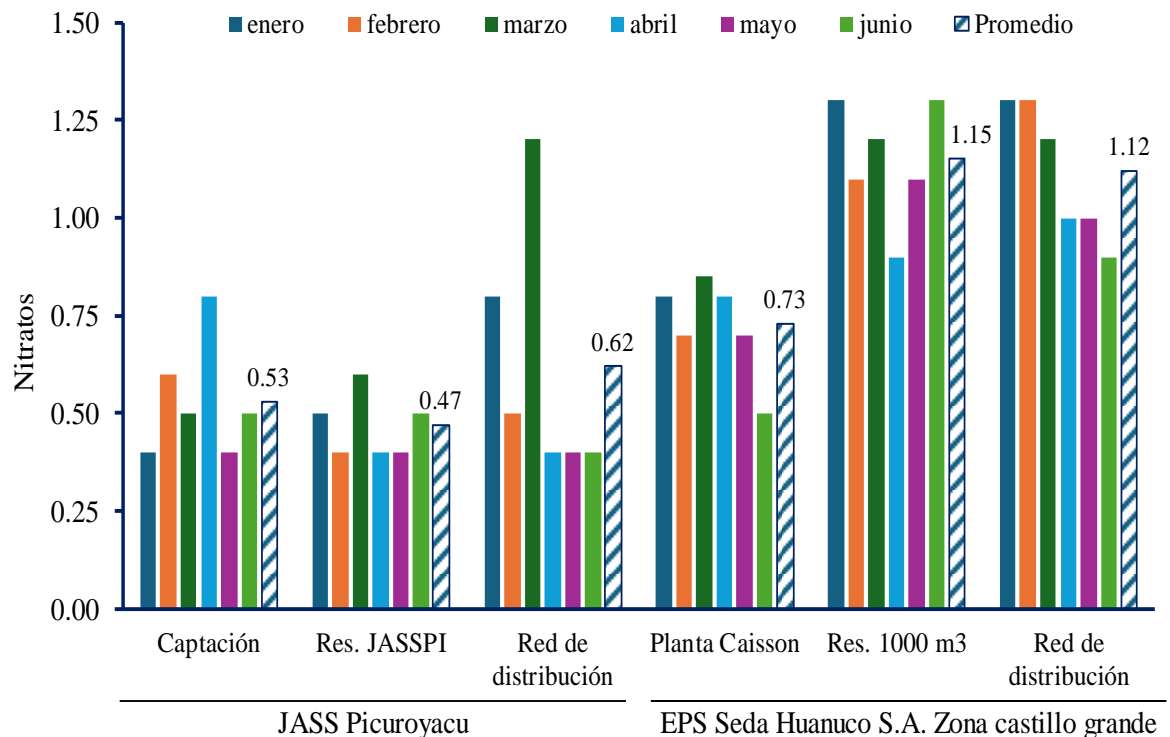
**Tabla 25.** Datos recolectados para los nitratos del agua (mg NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>) para consumo humano.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	0.4	0.5	0.8	0.8	1.3	1.3
<b>febrero</b>	0.6	0.4	0.5	0.7	1.1	1.3
<b>marzo</b>	0.5	0.6	1.2	0.85	1.2	1.2
<b>abril</b>	0.8	0.4	0.4	0.8	0.9	1
<b>mayo</b>	0.4	0.4	0.4	0.7	1.1	1
<b>junio</b>	0.5	0.5	0.4	0.5	1.3	0.9
<b>Promedio</b>	0.53	0.47	0.62	0.73	1.15	1.12
<b>Máximo</b>	0.8	0.6	1.2	0.85	1.3	1.3
<b>Mínimo</b>	0.4	0.4	0.4	0.5	0.9	0.9
<b>DS</b>	0.15	0.08	0.33	0.13	0.15	0.17
<b>CV</b>	0.00	0.00	0.00	17.31	13.19	15.42

El valor obtenido en nitratos de 1.15 mg NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> en el reservorio de 100 m<sup>3</sup> Castillo Grande podría deberse a descargas de aguas residuales domésticas en la zona, lo que introduciría nitrógeno orgánico amoniacal en el recurso hídrico. De acuerdo con CEPIS/OPS (2004) el riesgo de que los nitratos se conviertan en nitritos dentro del organismo es significativo, ya que los nitritos pueden causar metahemoglobinemia, impidiendo el transporte de oxígeno en la sangre al reaccionar con la desoxihemoglobina.

El nitrato, que en su estructura química contiene un átomo de nitrógeno y tres de oxígeno ( $\text{NO}_3$ ), puede ser peligroso cuando se reduce a nitrito ( $\text{NO}_2$ ), y puede causar "la enfermedad de los bebés azules". Este riesgo es palpante en áreas como Castillo Grande, donde se registran niveles más altos de nitratos en el agua ( $1.15 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ ). Además, según Alva (2018), la presencia de nitratos podría indicar contaminantes más peligrosos, como bacterias o pesticidas, provenientes de la agricultura o residencias.

Lo obtenido en el reservorio de  $100 \text{ m}^3$  en Castillo Grande también podría ser indicativo de una infiltración de nitratos en el agua subterránea, un problema revisado por Spalding y Exner (1993). La existencia de nitratos en el agua suele estar relacionada con la escorrentía agrícola y la lixiviación de fertilizantes, que pueden acumularse en el agua subterránea y aumentar los niveles de nitratos en fuentes de agua potable.



**Figura 17.** Datos para el nitrato del agua ( $\text{mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ ) para consumo poblacional.

El riesgo para la salud asociado con el consumo de agua con nitratos es bien documentado por Ward et al. (2018), quienes destacan que niveles elevados de nitratos pueden estar relacionados con un mayor riesgo de cáncer y otras enfermedades crónicas. En tu caso, los niveles en Castillo Grande, aunque no excesivos, sugieren la necesidad de monitoreo constante para evitar que se acerquen a niveles peligrosos.

#### 4.1.4. Estimación de la concentración de los parámetros microbiológicos

##### 4.1.4.1. Bacterias coliformes totales

Los resultados de coliformes totales (tabla 26 y figura 18) indican niveles elevados en dos locaciones específicas: 34.50 en la planta Caisson de Castillo Grande y 28.50 en la captación de agua en Picuroyacu, generando valores que son preocupantes, ya que la presencia de bacterias coliformes totales es un indicador de contaminación microbiológica y sugiere que estas fuentes de agua están expuestas a contaminación fecal o a la presencia de otros microorganismos patógenos. En cambio, en otras zonas, los valores son de 0.00, lo que indica que las medidas de tratamiento o las condiciones ambientales son más efectivas en prevenir la contaminación bacteriana. La presencia de coliformes totales puede ser causada por varias fuentes, como la infiltración de aguas residuales, la escorrentía agrícola, o la contaminación directa en la infraestructura de captación o distribución.

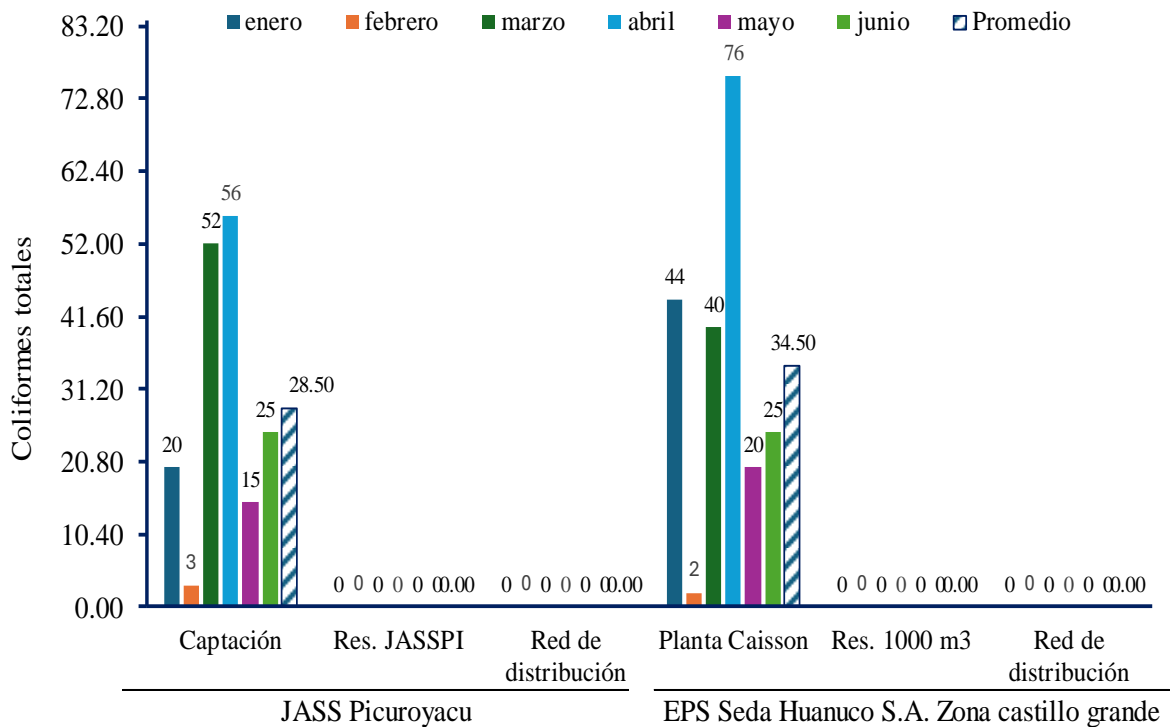
**Tabla 26.** Datos recolectados para las bacterias coliformes totales del agua (UFC/100 mL a 35°C) para consumo humano.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	20	0	0	44	0	0
<b>febrero</b>	3	0	0	2	0	0
<b>marzo</b>	52	0	0	40	0	0
<b>abril</b>	56	0	0	76	0	0
<b>mayo</b>	15	0	0	20	0	0
<b>junio</b>	25	0	0	25	0	0
<b>Promedio</b>	28.50	0.00	0.00	34.50	0.00	0.00
<b>Máximo</b>	56	0	0	76	0	0
<b>Mínimo</b>	3	0	0	2	0	0
<b>DS</b>	23.12	0.00	0.00	27.80	0.00	0.00
<b>CV</b>	81.14	0.00	0.00	80.58	0.00	0.00

Los resultados de bacterias coliformes totales en las dos locaciones con valores elevados, como la planta Caisson de Castillo Grande de 34.50 UFC/100 mL a 35°C y la captación de agua en Picuroyacu de 28.50 UFC/100 mL a 35°C, indican una potencial

contaminación microbiológica. Según la OMS (2006), los coliformes totales tienen una amplia variedad de bacilos que pueden proliferar en presencia de sales biliares, fermentando la lactosa. La presencia de estas bacterias sugiere la posible introducción de materia fecal en el sistema de agua, lo cual es preocupante por su capacidad para generar riesgos para la salud.

Swistock et al. (2023) mencionan que los coliformes totales están en el medio ambiente, incluyendo aguas de calidad relativamente buena. Sin embargo, la presencia de coliformes totales en niveles altos, como en Castillo Grande y Picuroyacu, aumenta la posibilidad de enfermedades debido a la contaminación por materia orgánica de origen fecal, tal como señala Díaz (2019). Estos resultados subrayan la importancia de mejorar las prácticas de saneamiento en estas áreas para evitar riesgos de salud.



**Figura 18.** Datos para los coliformes totales del agua (UFC/100 mL a 35°C) para consumo poblacional.

#### 4.1.4.2. Bacterias coliformes termotolerantes o fecales

Los resultados del análisis para bacterias termotolerantes o fecales (tabla 27 y figura 19) de las muestras de agua suministrado por SEDA Huánuco zona Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu muestran una preocupación significativa, especialmente en la captación de agua de Picuroyacu, donde se registró un promedio de 20.83 UFC/100 mL a 44.5°C, este nivel elevado sugiere una fuerte contaminación fecal en la fuente de agua, lo cual indica un riesgo grave para la salud pública, dado que estas bacterias indican la presencia de

patógenos potenciales, que en comparación, la planta Caisson de Castillo Grande tiene un promedio de 3.00 UFC/100 mL a 44.5°C, lo cual, aunque es más bajo, sigue siendo preocupante. La presencia de bacterias termotolerantes señala una posible infiltración de materia fecal, lo que exige medidas urgentes de desinfección y evaluación del sistema de distribución. Es fundamental y necesario poder investigar las fuentes de contaminación y por ende mejorar el tratamiento del agua en ambas locaciones para garantizar la seguridad del suministro.

**Tabla 27.** Datos recolectados para las bacterias coliformes termotolerantes o fecales del agua (UFC/100 mL a 44.5°C) para consumo humano.

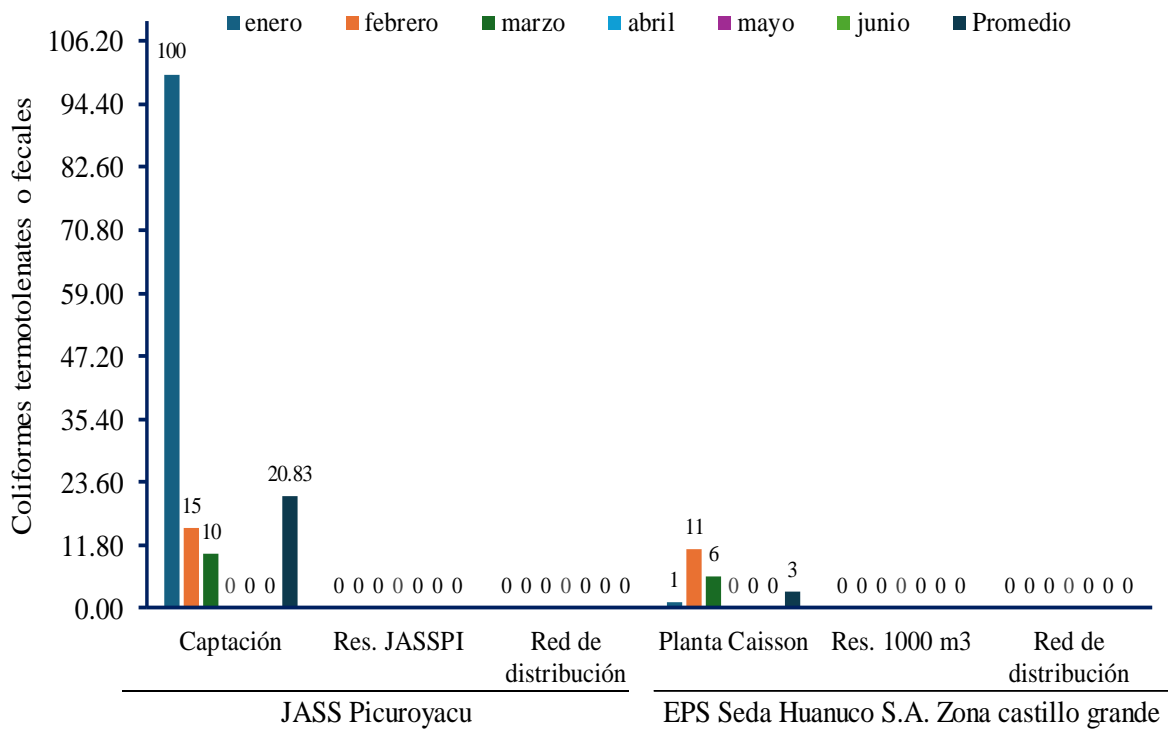
Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
enero	100	0	0	1	0	0
febrero	15	0	0	11	0	0
marzo	10	0	0	6	0	0
abril	0	0	0	0	0	0
mayo	0	0	0	0	0	0
junio	0	0	0	0	0	0
<b>Promedio</b>	20.83	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00
<b>Máximo</b>	100	0	0	11	0	0
<b>Mínimo</b>	0	0	0	0	0	0
<b>DS</b>	39.30	0.00	0.00	4.56	0.00	0.00
<b>CV</b>	188.62	0.00	0.00	152.02	0.00	0.00

Los resultados de bacterias termotolerantes o fecales, con un nivel elevado de 20.83 UFC/100 mL a 44.5°C en Picuroyacu y 3.00 UFC/100 mL a 44.5°C en Castillo Grande, sugieren la presencia de bacterias del género *Escherichia* predominante en aguas contaminadas, como menciona CEPIS/OPS (2004) indica que la presencia de *E. coli* y otras bacterias como *Citrobacter* y *Klebsiella* indica una posible contaminación fecal, lo que implica riesgos para la salud.

Swistock et al. (2023) afirman que las bacterias coliformes fecales son específicas del tracto intestinal de animales de sangre caliente. La detección en Picuroyacu, con

un promedio de 20.83 UFC/100 mL a 44.5°C en Picuroyacu, indica que esta fuente de agua está expuesta a contaminantes fecales, incrementando el riesgo de transmisión de patógenos.

La OMS (2006) destaca que *Escherichia coli* es el mejor indicador de contaminación fecal en el agua. En este contexto, los valores en Picuroyacu y Castillo Grande sugieren una posible contaminación fecal, subrayando la necesidad de acciones correctivas para asegurar la calidad bacteriológica del agua. En general la contaminación fecal implica un riesgo elevado de enfermedades que se transmiten por el agua, resaltando la importancia de reforzar el monitoreo y las medidas de saneamiento en estas zonas para asegurar la calidad del agua y prevenir riesgos para la salud pública de los pobladores de estas locaciones.



**Figura 19.** Datos para los coliformes termotolerantes o fecales del agua (UFC/100 mL a 44.5°C) para consumo poblacional.

#### 4.1.4.3. Bacterias heterotróficas

Los resultados de bacterias heterotróficas (tabla 28 y figura 20) revelan concentraciones muy altas en la planta Caisson de Castillo Grande de 223.67 UFC/100 mL a 35°C y la captación de agua en Picuroyacu de 155.00 UFC/100 mL a 35°C. Las bacterias heterotróficas, aunque no necesariamente patógenas, son un indicador de la calidad general del agua, y niveles tan elevados pueden señalar problemas en la desinfección o en la infraestructura de distribución. Este crecimiento bacteriano puede ser facilitado por nutrientes presentes en el

agua, fallos en el tratamiento, o condiciones ambientales que favorecen la proliferación. La diferencia drástica entre estas zonas y otras con valores significativamente más bajos sugiere que deben revisarse los sistemas de tratamiento y distribución en Castillo Grande y Picuroyacu.

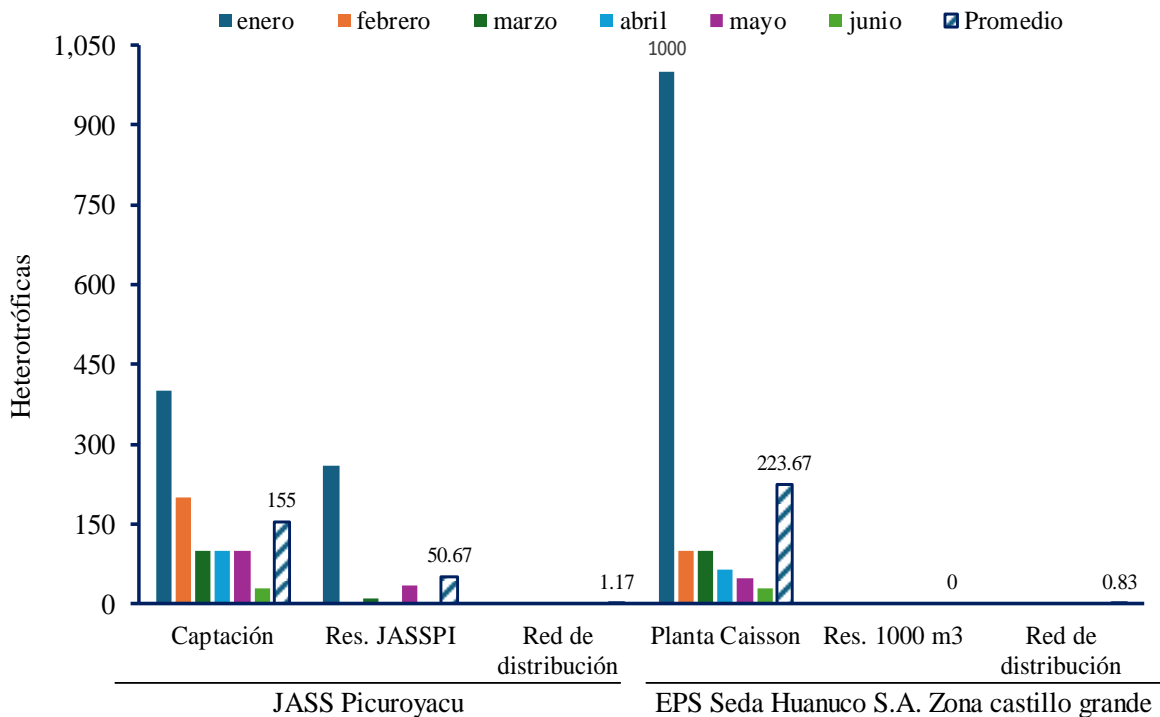
**Tabla 28.** Datos recolectados para las bacterias heterotróficas del agua (UFC/100 mL a 35°C) para consumo humano.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	400	259	2	1000	0	0
<b>febrero</b>	200	0	0	100	0	0
<b>marzo</b>	100	10	0	100	0	0
<b>abril</b>	100	0	0	64	0	0
<b>mayo</b>	100	35	2	48	0	2
<b>junio</b>	30	0	3	30	0	3
<b>Promedio</b>	155.00	50.67	1.17	223.67	0.00	0.83
<b>Máximo</b>	400	259	3	1000	0	3
<b>Mínimo</b>	30	0	0	30	0	0
<b>DS</b>	131.72	102.96	1.33	381.35	0.00	1.33
<b>CV</b>	84.98	0.00	0.00	170.50	0.00	0.00

Los resultados de bacterias heterotróficas en la planta Caisson de Castillo Grande y la captación de agua en Picuroyacu indican un crecimiento bacteriano significativo, lo cual es un indicador de la calidad general del agua. Según Reasoner (2004), los conteos de bacterias heterotróficas son un método ampliamente utilizado para estudiar la calidad microbiológica del agua potable. Niveles tan altos como los observados pueden señalar fallas en los procesos de tratamiento o la presencia de nutrientes que favorecen el crecimiento microbiano, lo que exige una evaluación más detallada para asegurar que no haya riesgos adicionales para la salud.

Los resultados elevados de bacterias heterotróficas en la planta Caisson de Castillo Grande y en la captación de agua de Picuroyacu pueda deberse a una posible falta de control microbiológico en estas áreas. Según Carter et al. (2000), existe una estrecha relación entre los niveles de bacterias heterotróficas y varios factores de calidad del agua en los sistemas de distribución, incluyendo la desinfección y la presencia de nutrientes. Este tipo de bacterias,

aunque no necesariamente patógenas, puede indicar que las fases de tratamiento del agua no son completamente efectivos o que hay nutrientes que permiten el crecimiento bacteriano. Esto resalta la necesidad de revisar las fases de tratamiento y mantenimiento de las infraestructuras en estas zonas que garantice la calidad microbiológica del agua y evitar problemas de salud en la población abastecida.



**Figura 20.** Datos para las bacterias heterotróficas del agua (UFC/100 mL a 35°C) para consumo poblacional.

#### 4.1.4.4. Escherichia coli

Los resultados de *E. coli* (tabla 29 y figura 21) en la captación de agua en Picuroyacu y en la planta Caisson de Castillo Grande de 0.17 en ambos casos indican la presencia de contaminación fecal en estas áreas. *E. coli* es un marcador clave de contaminación por heces y su detección, incluso en pequeñas cantidades, representa un riesgo significativo para la salud pública, ya que está asociada con enfermedades gastrointestinales graves. La presencia de esta bacteria sugiere una posible infiltración de aguas residuales o la contaminación directa de la fuente de agua. Es crucial investigar y remediar las fuentes de contaminación y reforzar las etapas de desinfección en estas áreas que garantice la seguridad del agua. Además, se deben implementar planes de monitoreo más rigurosos y continuos para evitar la recurrencia de estos problemas y asegure que el agua suministrada cumpla con los

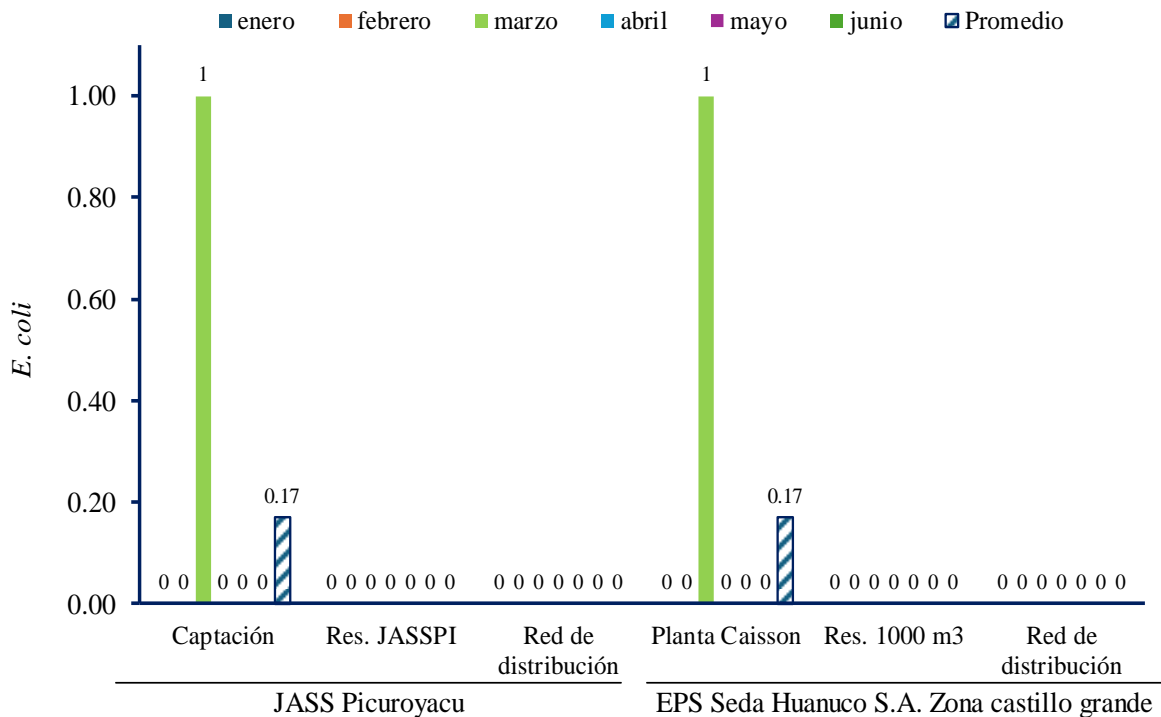
estándares de calidad microbiológica.

**Tabla 29.** Datos recolectados para las bacterias *E. coli* del agua (UFC/100 mL a 44.5°C) para consumo humano.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande		
	Captación	Reservorio JASSPI	Red de distribución	Planta Caisson	Reservorio 1000 m <sup>3</sup>	Red de distribución
<b>enero</b>	0	0	0	0	0	0
<b>febrero</b>	0	0	0	0	0	0
<b>marzo</b>	1	0	0	1	0	0
<b>abril</b>	0	0	0	0	0	0
<b>mayo</b>	0	0	0	0	0	0
<b>junio</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Promedio</b>	0.17	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00
<b>Máximo</b>	1	0	0	1	0	0
<b>Mínimo</b>	0	0	0	0	0	0
<b>DS</b>	0.41	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00
<b>CV</b>	244.95	0.00	0.00	244.95	0.00	0.00

Los resultados de *E. coli* en la captación de agua de Picuroyacu y la planta Caisson de Castillo Grande, ambos con un promedio de 0.17 UFC/100 mL a 44.5°C, señalan la existencia de contaminación fecal en estas áreas. Según la OMS (2006), *E. coli* es el indicador más confiable de contaminación fecal y se utiliza de manera preferente en los programas de monitoreo de la calidad del agua. La detección de *E. coli* en estas zonas requiere una acción inmediata para mejorar los procedimientos de desinfección y monitoreo continuo, garantizando la seguridad del agua para ser consumida.

Los resultados de *E. coli* en la captación de agua de Picuroyacu y la planta Caisson de Castillo Grande, con valores de 0.17 UFC/100 mL a 44.5°C, indican la presencia de contaminación fecal en estas áreas. Según Pinto et al. (2012), la estructura de la comunidad bacteriana en el agua potable está influenciada por los procesos de filtración, lo que sugiere que cualquier fallo en estos procesos puede facilitar la entrada de bacterias como *E. coli* en el sistema de distribución. Por lo tanto, los valores observados en tu análisis podrían ser el resultado de un tratamiento de agua inadecuado o de una filtración deficiente.



**Figura 21.** Datos para la bacteria *E. coli* del agua (UFC/100 mL a 44.5°C) para consumo poblacional.

Además, Saxena et al. (2015) destacan que *E. coli* es uno de los indicadores microbianos con mayor importancia para monitorear la calidad del agua y la posible presencia de patógenos peligrosos. La detección de *E. coli* sugiere un riesgo potencial para la salud, ya que esta bacteria está asociada con enfermedades gastrointestinales. Estos resultados subrayan la importancia de implementar mejoras en el sistema de tratamiento del agua y de realizar un monitoreo continuo para evitar que la contaminación fecal se traduzca en problemas de salud más graves en las comunidades abastecidas.

#### **4.2. Comparar la concentración de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua para consumo humano suministrado por Seda Huánuco zona Castillo Grande y el centro poblado Picuroyacu**

La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua destinada al consumo poblacional suministrada por Seda Huánuco en la zona de Castillo Grande y el centro poblado de Picuroyacu presenta diferencias en la calidad del agua entre ambas áreas que hace necesario identificarlas con el fin de proponer posibles mejoras en las fases de tratamiento y distribución del agua.

##### **4.2.1. Parámetros de calidad organoléptica y físicos del agua para consumo poblacional**

El estudio de los parámetros organolépticos y físicos del agua, como el color,

pH, turbidez y conductividad, es primordial para estudiar su calidad y definir su idoneidad para el consumo humano. Estos parámetros no solo influyen en la percepción sensorial del agua, sino que también proporcionan indicios sobre la presencia de contaminantes o desequilibrios químicos que dañarían la salud de los consumidores.

**Tabla 30.** Datos de calidad organoléptica y físicos promedio del agua para consumo humano.

Mes/est.	JASS Picuroyacu		EPS Seda Huánuco Castillo Grande			LMP	
	Captación	R. JASSPI	Red	Caisson	Res. 1000 m <sup>3</sup>		Red
<b>Color</b>	4.00	5.00	3.00	2.83	3.33	3.50	15 UCV Pt/Co
<b>Turbiedad</b>	1.52	0.68	0.51	0.44	0.32	0.34	5 UNT
<b>pH</b>	7.74	7.48	7.65	7.20	7.35	7.32	6.5 -8.5
<b>Conductividad</b>	401.65	404.02	376.	476.65	503.28	559.48	1 500 µmho/cm

\*LMP: límites máximos permisibles

#### a) color

Los valores más altos de color (tabla 30 y figura 22) en el análisis del agua se registraron en el reservorio JASSPI de 5.00 UCV Pt/Co y en la captación de agua en Picuroyacu de 4.00 UCV Pt/Co. A pesar de ser los más elevados entre las muestras analizadas, estos valores se mantienen por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 15 UCV Pt/Co, establecido por el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.). Esto indica que, aunque en estas áreas específicas el agua presenta una mayor coloración en comparación con otras zonas, sigue siendo aceptable para el consumo humano en términos de calidad visual.

Los valores más altos de color en el análisis del agua se registraron en el reservorio JASSPI (5.00 UCV Pt/Co) y en la captación de agua en Picuroyacu (4.00 UCV Pt/Co). Aunque estos valores están por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 15 UCV Pt/Co, establecido por el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano, es importante considerar que, según la OMS, 2017, el color en el agua potable puede ser un indicativo de la presencia de MO, productos de desinfección o contaminantes inorgánicos. Aunque no representa un riesgo inmediato para la salud, este parámetro influye en la aceptabilidad del agua por parte de los consumidores y, por lo tanto, es esencial monitorearlo de cerca.

Además, De Zuane (1997) menciona que el aumento en el color del agua suele estar relacionado con la presencia de sustancias como hierro, manganeso, materia orgánica o productos químicos del tratamiento del agua. Los valores más altos observados en estas áreas específicas podrían reflejar la presencia de dichos compuestos. Si bien los niveles actuales son seguros, es fundamental continuar vigilando estos valores para evitar que una mayor coloración afecte la percepción de la calidad del agua o indique un deterioro en los procesos de tratamiento.

Por otro lado, Chapman (1996) señala que, aunque el color del agua generalmente no está relacionado con riesgos para la salud, puede ser un indicador de contaminación por materia orgánica o inorgánica. Los valores elevados en el reservorio JASSPI y la captación de Picuroyacu podrían sugerir la presencia de estos contaminantes, lo que subraya la importancia de mantener el control sobre este parámetro para garantizar que no afecte negativamente la calidad del agua, incluso si no implica un riesgo directo para la salud.

Finalmente, Sawyer, McCarty y Parkin (2003) enfatizan que el color en el agua potable puede indicar contaminación por fuentes naturales o antropogénicas, y aunque no necesariamente afecta la salud en niveles bajos, puede influir en la percepción de la calidad del agua. Los valores más altos registrados en el reservorio JASSPI y la captación de Picuroyacu podrían estar asociados con estas influencias, lo que refuerza la necesidad de un monitoreo constante para prevenir cualquier impacto en la calidad y aceptabilidad del agua para los consumidores.

## **b) Turbiedad**

Los valores de turbiedad (tabla 30 y figura 22) en el análisis del agua varían entre 0.32 UNT y 1.52 UNT, siendo este último el valor más alto registrado en la captación de agua en Picuruyacu. Según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), el Límite Máximo Permisible (LMP) para la turbiedad es de 5 UNT, lo que indica que todos los valores obtenidos están dentro de los límites permitidos. No obstante, según la American Public Health Association (APHA), AWWA y WEF (2017), la turbiedad en el agua es causada por partículas suspendidas, como arcillas, limos y materia orgánica, y puede reducir la efectividad de la desinfección si no se controla adecuadamente. Aunque el valor más alto de 1.52 UNT está dentro de los límites, es importante asegurarse de que no aumente, para evitar problemas en la eliminación de microorganismos.

Asimismo, Nathanson (2018) explica que la turbiedad no solo afecta la apariencia del agua, sino que también puede proporcionar un refugio para los patógenos,

dificultando su eliminación. En este caso, el valor más alto registrado en Picuroyacu, aunque aceptable, requiere monitoreo continuo para asegurar que la seguridad del agua no se vea comprometida por el aumento de partículas suspendidas.

Por otro lado, Spellman (2014) señala que la turbiedad elevada puede ser un signo de problemas en la fuente de agua, como escorrentías o contaminación industrial. En el caso de Picuroyacu, el valor más alto de 1.52 UNT no presenta un riesgo inmediato, pero podría indicar la importancia de estudiar las condiciones de la fuente de agua para prevenir aumentos futuros en la turbiedad.

Finalmente, Gray (2010) menciona que la turbiedad puede interferir con las fases de coagulación, filtración y desinfección en el tratamiento del agua. Aunque el valor de 1.52 UNT registrado en Picuroyacu está dentro de los límites permitidos, es crucial mantenerlo controlado para garantizar que los procesos de tratamiento sigan siendo efectivos y no se comprometa la calidad del agua distribuida.

### **c) pH**

Los valores de pH (tabla 30 y figura 22) en las muestras de agua varían entre 7.20 y 7.74, todos dentro del rango recomendado de 6.5 a 8.5, según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), aunque estos valores son considerados seguros para ser consumidos, es importante reconocer que, según la OMS, 2017, el pH del agua potable influye en su calidad general, afectando tanto la eficacia de las fases de tratamiento como la estabilidad química del agua. Mantener el pH dentro de este rango es crucial para minimizar la corrosión de las tuberías y asegurar la potabilidad del agua.

De Zuane (1997) señala que el pH del agua también puede afectar la solubilidad de varios contaminantes y minerales. En este caso, los valores de pH registrados, que van de 7.20 a 7.74, están dentro de un rango adecuado, lo que significa que el agua tiene un equilibrio químico favorable que no debería aumentar la solubilidad de contaminantes nocivos ni provocar la deposición de minerales en exceso.

De acuerdo Chapman (1996) menciona que el pH del agua influye directamente en la desinfección, ya que un pH fuera del rango recomendado puede reducir la eficacia del cloro y otros desinfectantes. Los valores observados en este análisis, al estar dentro del rango de 6.5 a 8.5, aseguran que los desinfectantes empleados en el tratamiento del agua funcionen de manera óptima, protegiendo a los consumidores de patógenos.

También, Sawyer, McCarty y Parkin (2003) explican que el pH del agua afecta

la corrosión de las tuberías y la durabilidad de las infraestructuras de distribución de agua. Los valores registrados, al encontrarse dentro del rango recomendado, son ideales para prevenir la corrosión de las tuberías, asegurando así una infraestructura más duradera y reduciendo la posibilidad de contaminación por metales provenientes de las tuberías.

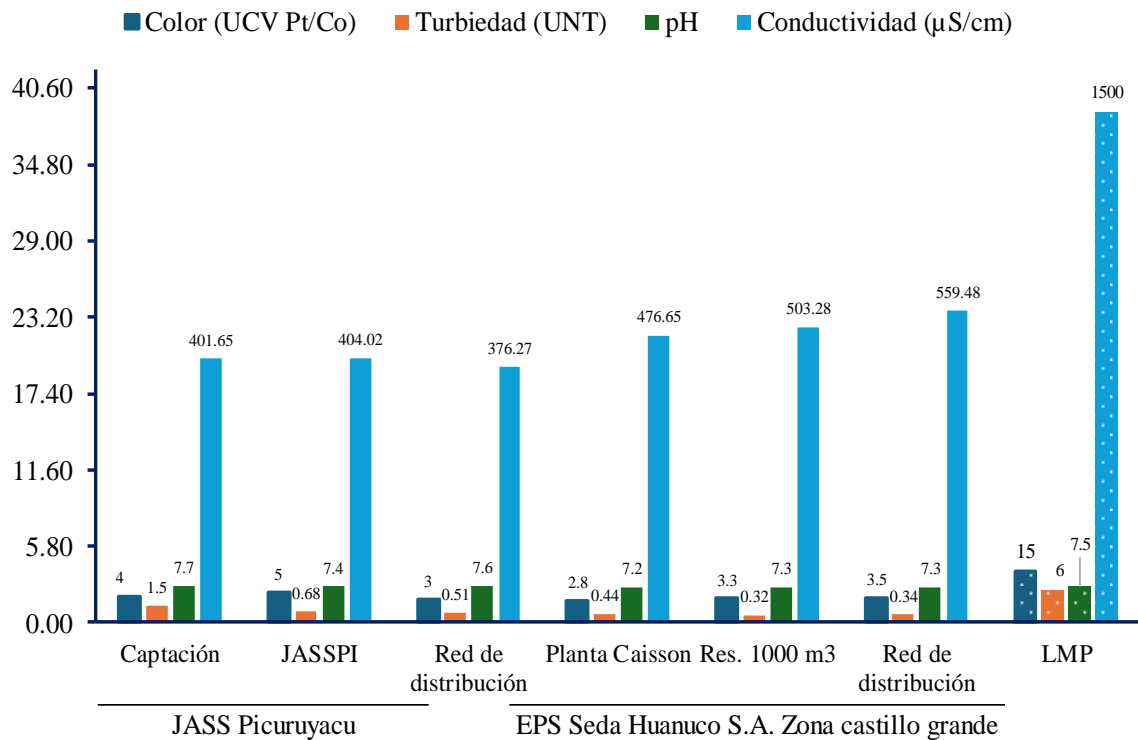
#### **d) Conductividad**

Los valores de conductividad (tabla 30 y figura 22) en las muestras de agua oscilan entre 376.27 y 559.48  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , todos bien por debajo del límite máximo permitido de 1,500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.). La conductividad es un indicador de la cantidad de sales disueltas en el agua, lo que puede afectar tanto la potabilidad como la corrosión de las tuberías. De Zuane (1997) menciona que niveles elevados de conductividad pueden ser un indicativo de una mayor concentración de iones, como cloruros, sulfatos y bicarbonatos, que no solo afectan el sabor del agua, sino también su capacidad de conducir electricidad.

Sawyer, McCarty y Parkin (2003) explican que la conductividad del agua influye directamente en su calidad y en la durabilidad de las infraestructuras. Un nivel de conductividad moderadamente alto, como los registrados en algunas muestras, sugiere la presencia de minerales disueltos que, si bien están dentro de los límites permitidos, podrían contribuir a la corrosión de las tuberías a largo plazo.

En tal sentido, Chapman (1996) subraya que la conductividad también puede reflejar la influencia de actividades humanas o la composición geológica del terreno. Los valores más altos observados, como los 559.48  $\mu\text{S}/\text{cm}$  registrados, podrían estar asociados con fuentes naturales o contaminantes antropogénicos que incrementan la concentración de sales disueltas en el agua.

Así mismo, Nathanson (2018) advierte que un monitoreo constante de la conductividad es esencial, ya que un aumento en este parámetro puede señalar la entrada de contaminantes en el sistema de agua, lo que podría afectar tanto la potabilidad como la eficiencia de los procesos de tratamiento. Aunque los valores actuales están dentro del rango aceptable, es importante mantener un seguimiento continuo para garantizar la calidad del agua a largo plazo.



**Figura 22.** Datos para el color, turbiedad, pH y conductividad del agua para consumo poblacional en Castillo Grande y el centro poblado de Picuroyacu comparado con los LMP del Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.

#### 4.2.2. Parámetros químicos promedio del agua para consumo poblacional

Los parámetros proporcionan información sobre la presencia de minerales y sustancias disueltas que pueden afectar tanto la salud de los consumidores como la infraestructura de distribución. Su monitoreo continuo permite detectar posibles contaminantes y garantizar la estabilidad química del agua, por tanto, el estudio de los parámetros químicos del agua, como cloruros, sulfatos, hierro y dureza total, es crucial para asegurar su calidad y seguridad para ser consumido.

**Tabla 31.** Datos químicos promedio del agua para consumo.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande			LMP
	Captación	JASSPI	Red	Caisso	Res. 1000 m <sup>3</sup>	Red	
<b>Cloro residual</b>	0.00	1.09	0.85	0.00	0.74	0.79	5 mg L <sup>-1</sup>
<b>Cloruros</b>	26.22	25.48	25.85	40.74	31.65	39.88	250 mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>
<b>Sulfatos</b>	10.67	34.50	12.00	20.50	20.33	19.67	250 mg SO <sub>4</sub> =L <sup>-1</sup>
<b>Dureza total</b>	281.20	233.13	243.23	266.08	241.72	222.65	500 mg Ca CO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>

<b>Hierro</b>	0.02	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01	0.3 mg Fe L-1
<b>Manganeso</b>	0.23	0.19	0.17	0.31	0.27	0.20	0.4 mg Mn L-1
<b>Aluminio</b>	0.06	0.05	0.04	0.06	0.05	0.05	0.2 mg Al L-1
<b>Cobre</b>	0.07	0.13	0.08	0.11	0.16	0.12	2.0 mg Cu L-1
<b>Zinc</b>	0.03	0.04	0.18	0.03	0.04	0.04	3.0 mg Zn L-1
<b>Arsénico</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.010 mg As L-1
<b>Nitratos</b>	0.53	0.47	0.62	0.73	1.15	1.12	50.00 mg NO3 L-1

\*LMP: límites máximos permisibles

### a) Cloro residual

Los valores de cloro residual (tabla 31 y figura 23) en las muestras de agua presentan el valor más alto en el reservorio JASSPI de Picuroyacu de 1.09 mg L<sup>-1</sup>, el cual según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), el Límite Máximo Permissible (LMP) para el cloro residual es de 5 mg L<sup>-1</sup>, lo que significa que todos los valores están muy por debajo de este límite. Sin embargo, como señala White (2010), el cloro es un desinfectante crucial para eliminar microorganismos patógenos en el agua potable, y los valores más bajos, como 0.00 mg/L en la captación de Picuroyacu y la planta Caisson de Castillo Grande, pueden representar un riesgo si no se mantienen niveles adecuados de cloro residual.

Además, Sawyer, McCarty y Parkin (2003) destacan que el cloro residual es esencial para garantizar la desinfección continua del agua a lo largo del sistema de distribución. Si bien los valores más altos, como 1.09 mg L<sup>-1</sup>, aseguran una protección adecuada, la ausencia de cloro en otras zonas podría comprometer la calidad microbiológica del agua, aumentando el riesgo de contaminación.

De Zuane (1997) también subraya la importancia de mantener niveles estables de cloro residual para prevenir la recontaminación del agua después del tratamiento. Los valores más bajos, como 0.00 mg L<sup>-1</sup>, indican una falta de cloro en ciertas áreas, lo que podría permitir la proliferación de patógenos en el sistema de distribución, poniendo en riesgo la calidad del agua.

Al final Nathanson (2018) explica que el monitoreo constante del cloro residual es fundamental para asegurar la desinfección continua. Aunque los valores registrados están dentro de un rango seguro por debajo del límite máximo de 5 mg L<sup>-1</sup>, la ausencia total de cloro

residual en algunas áreas debe ser abordada rápidamente para evitar riesgos potenciales de contaminación en la red de distribución.

### **b) Cloruros**

Los valores de cloruros (tabla 31 y figura 23) en las muestras de agua varían entre 25.48 mg Cl- L-1 y 40.74 mg Cl- L-1, con el valor más alto registrado en la planta Caisson de Castillo Grande. Según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), el Límite Máximo Permisible (LMP) para los cloruros es de 250 mg Cl- L-1, lo que significa que todos los valores están muy por debajo del límite. Sin embargo, Davis y Cornwell (2013) señalan que aunque los cloruros no representan un peligro directo para la salud en niveles bajos, su acumulación puede afectar el sabor del agua, haciéndola menos aceptable para el consumo.

Por su parte, Spellman (2014) explica que los cloruros pueden contribuir a la corrosión de las infraestructuras de distribución de agua, especialmente cuando se combinan con otros iones en concentraciones elevadas. Aunque los valores registrados son seguros en comparación con el LMP, las concentraciones más altas, como 40.74 mg Cl- L-1 en la planta Caisson, deben monitorearse para prevenir posibles daños a las tuberías y sistemas de distribución.

Viessman y Hammer (2009) también indican que los cloruros pueden ser indicativos de la intrusión de agua salina o de la influencia de actividades industriales y agrícolas. Los valores observados en las diferentes zonas deben ser monitoreados para asegurar que no haya una fuente de contaminación que pueda elevar las concentraciones en el futuro.

Concluye, Tchobanoglous y Schroeder (1985) advierten que niveles elevados de cloruros en el agua pueden interferir con ciertos procesos de tratamiento, especialmente en plantas que emplean coagulación o intercambio iónico. Aunque los valores registrados están por debajo del límite de 250 mg Cl- L-1, es esencial un monitoreo continuo para asegurar que las concentraciones de cloruros no aumenten y afecten la eficiencia de las etapas de tratamiento del agua.

### **c) Sulfatos**

Los valores de sulfatos (tabla 31 y figura 23) en las muestras de agua oscilan entre 10.67 mg SO<sub>4</sub>=L-1 y 34.50 mg SO<sub>4</sub>=L-1, con el valor más alto registrado en el reservorio JASSPI de Picuruyacu. Según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), el Límite Máximo Permisible (LMP) para los sulfatos

es de 250 mg SO<sub>4</sub>=L-1, por lo que todos los valores observados están significativamente por debajo de este límite. Viessman y Hammer (2009) señalan que los sulfatos son comunes en las fuentes de agua subterránea y superficial, y aunque en niveles bajos no representan un peligro para la salud, concentraciones más altas pueden influir en el sabor del agua y causar efectos laxantes en algunos consumidores.

Tchobanoglous y Schroeder (1985) explican que los sulfatos pueden interactuar con otros compuestos presentes en el agua, afectando los procesos de tratamiento como la coagulación. Aunque los valores de sulfatos en estas muestras están por debajo del límite permitido, un monitoreo constante es necesario para asegurar que estas concentraciones no interfieran con la eficiencia de las etapas de tratamiento del agua.

Además, Davis y Cornwell (2013) mencionan que, en niveles elevados, los sulfatos pueden impartir un sabor desagradable al agua y provocar efectos secundarios en la salud, como molestias digestivas. Aunque los valores actuales no representan una amenaza inmediata, la concentración más alta de 34.50 mg SO<sub>4</sub>=L-1 en el reservorio JASSPI debe ser monitoreada para asegurar que no aumente a niveles que puedan afectar negativamente la potabilidad del agua.

Benefield, Judkins y Weand (1982) también subrayan que la presencia de sulfatos puede deberse a la descomposición de minerales de origen natural o a actividades industriales. Aunque las concentraciones actuales son seguras, es importante vigilar la evolución de estos niveles para prevenir cualquier incremento significativo que pueda comprometer la calidad del agua.

#### **d) Dureza total**

Los valores de dureza total en las muestras de agua varían entre 222.65 mg/L de CaCO<sub>3</sub> y 281.20 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, con el valor más alto registrado en la zona de captación en Picuruyacu. Según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), el Límite Máximo Permisible (LMP) para la dureza total es de 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, por lo que todos los valores observados están muy por debajo de este límite. Viessman y Hammer (2009) explican que la dureza del agua está relacionada con la concentración de minerales como C y Mg, y aunque estos minerales son esenciales para la salud, niveles elevados pueden provocar la acumulación de depósitos minerales en tuberías y electrodomésticos.

Tchobanoglous y Schroeder (1985) advierten que la dureza elevada del agua

puede interferir con las etapas de tratamiento, como la coagulación, y reducir la efectividad de los productos químicos empleados en el tratamiento del agua. Aunque los valores de dureza observados están dentro de los límites seguros, es esencial mantener un monitoreo constante para asegurar que no se incrementen y afecten los procesos de tratamiento.

Además, Davis y Cornwell (2013) mencionan que la dureza del agua puede influir en su sabor y en la eficiencia de los detergentes y jabones durante su uso doméstico. Los valores actuales de dureza, como el más alto de 281.20 mg/L de CaCO<sub>3</sub> en la captación de Picuruyacu, no presentan un riesgo significativo para la salud, pero podrían causar algunos inconvenientes domésticos debido a la acumulación de cal en las superficies.

Concluye, Spellman (2014) señala que el monitoreo de la dureza es crucial para la gestión de las infraestructuras de distribución, ya que una dureza elevada puede acelerar la corrosión y reducir la vida útil de las tuberías. Aunque los valores de dureza total en estas muestras están dentro de los límites aceptables, la vigilancia es necesaria para evitar problemas a largo plazo en las infraestructuras de distribución y tratamiento del agua.

#### **e) Hierro**

Los valores de hierro (tabla 31 y figura 23) en las muestras de agua oscilan entre 0.01 mg Fe L-1 y 0.03 mg Fe L-1, con los valores más altos registrados en el reservorio JASSPI de Picuruyacu y la planta Caisson de Castillo Grande. De acuerdo con el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), el Límite Máximo Permisible (LMP) para el hierro es de 0.3 mg Fe L-1, lo que indica que todos los resultados están muy por debajo de este umbral. Viessman y Hammer (2009) mencionan que, aunque el hierro en bajas concentraciones no es tóxico, puede generar problemas estéticos, como manchas y un sabor metálico en el agua. Con los valores actuales, no se esperan problemas significativos en términos de estética o sabor.

Por otro lado, Tchobanoglous y Schroeder (1985) señalan que, en concentraciones más elevadas, el hierro puede acumularse en las tuberías, lo que eventualmente podría causar obstrucciones y afectar la eficiencia de los sistemas de distribución de agua. A pesar de que los valores registrados están por debajo del límite de 0.3 mg/L, es fundamental continuar monitoreando para prevenir la acumulación de depósitos de hierro en la infraestructura.

Davis y Cornwell (2013) destacan que el hierro, aunque no supone un riesgo de salud en concentraciones moderadas, puede afectar la calidad percibida del agua debido a la

formación de depósitos y manchas en las superficies y electrodomésticos. Los valores más altos, como los 0.03 mg Fe L-1 en Picuroyacu y Castillo Grande, deben ser observados de cerca para evitar problemas estéticos o técnicos en el futuro.

Por último, Spellman (2014) enfatiza que el hierro en el agua puede contribuir a la turbiedad y disminuir la efectividad de algunos procesos de tratamiento. Aunque los valores observados en las muestras son bajos, es crucial seguir controlando este parámetro para asegurarse de que no interfiera con la calidad del agua ni con la eficiencia del tratamiento.

#### **f) Manganeso**

Los valores de manganeso (tabla 31 y figura 23) en las muestras de agua varían entre 0.17 mg Mn L-1 y 0.31 mg Mn L-1, con el valor más alto registrado en el reservorio de 100 m<sup>3</sup> en Castillo Grande. El Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano establece un Límite Máximo Permisible (LMP) de 0.4 mg Mn L-1 para el manganeso, por lo que todos los valores registrados están por debajo de este umbral. Montgomery (1985) menciona que el manganeso en concentraciones elevadas puede afectar el color y el sabor del agua, además de dejar manchas en la ropa y en las superficies cerámicas, lo que puede afectar la aceptabilidad del agua por parte de los consumidores.

Benefield, Judkins y Weand (1982) advierten que, aunque el manganeso es necesario en pequeñas cantidades, cuando se acumula en las tuberías puede causar obstrucciones y reducir la eficiencia de los sistemas de distribución. A pesar de que los niveles observados son seguros, es crucial seguir monitoreando para evitar la acumulación de manganeso en la infraestructura.

Chapman (1996) destaca que el manganeso en el agua puede interferir con los procesos de tratamiento, especialmente en sistemas de filtración y desinfección. Aunque los valores actuales están dentro de los límites aceptables, un aumento en las concentraciones podría comprometer la eficiencia del tratamiento del agua.

Gray (2010) señala que el manganeso en el agua puede ser un indicativo de procesos naturales, como la erosión o el desgaste de minerales, y puede influir negativamente en la percepción de la calidad del agua. Si bien los valores registrados no alcanzan niveles críticos, es esencial mantener la vigilancia para prevenir cualquier impacto en la potabilidad del agua.

#### **g) Aluminio**

Los valores de aluminio (tabla 31 y figura 23) en las muestras de agua varían

entre 0.04 mg Al L<sup>-1</sup> y 0.06 mg Al L<sup>-1</sup>, con el valor más alto registrado en el reservorio de 100 m<sup>3</sup> en Castillo Grande. Según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), el Límite Máximo Permisible (LMP) para el aluminio es de 0.2 mg Al L<sup>-1</sup>, lo que significa que todos los valores registrados están significativamente por debajo del límite. De Zuane (1997) menciona que el aluminio, aunque utilizado comúnmente en el tratamiento del agua como coagulante, puede causar turbidez y afectar la calidad del agua si se encuentra en concentraciones elevadas.

Sawyer, McCarty y Parkin (2003) explican que el aluminio en el agua puede asociarse con problemas estéticos, como la formación de sedimentos y la alteración del color del agua, si se encuentra en concentraciones más altas. Aunque los valores actuales están dentro de los límites permitidos, es esencial continuar monitoreando para evitar la acumulación de aluminio en las redes de distribución.

Chapman (1996) advierte que, aunque el aluminio en el agua no representa un riesgo directo para la salud en niveles bajos, concentraciones más altas pueden interferir con las etapas de tratamiento, afectando la efectividad de la coagulación y filtración. Si bien los valores registrados están dentro de un rango seguro, es importante seguir controlando este parámetro para garantizar la eficiencia del tratamiento del agua.

#### **h) Cobre**

Los valores de cobre (tabla 31 y figura 23) en las muestras de agua oscilan entre 0.07 mg Cu L<sup>-1</sup> y 0.16 mg Cu L<sup>-1</sup>, con el valor más alto registrado en el reservorio de 100 m<sup>3</sup> en Castillo Grande. Según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), el Límite Máximo Permisible (LMP) para el cobre es de 2.0 mg Cu L<sup>-1</sup>, lo que indica que todos los valores observados están muy por debajo de este límite. De Zuane (1997) menciona que el cobre es un metal necesario en pequeñas cantidades, pero en concentraciones más altas puede provocar sabor metálico en el agua y afectar la aceptabilidad del agua por parte de los consumidores.

Montgomery (1985) explica que, aunque el cobre es un mineral esencial en pequeñas cantidades, en concentraciones más altas puede impartir un sabor metálico al agua y afectar la calidad sensorial percibida por los consumidores. Los valores de cobre observados, aunque están dentro de los límites permitidos, deben ser monitoreados para evitar problemas relacionados con el sabor y la aceptación del agua.

Benefield, Judkins y Weand (1982) advierten que la presencia de cobre en el

agua puede contribuir a la corrosión de las tuberías y sistemas de distribución, lo que causaría daños a largo plazo en la infraestructura. Aunque los niveles actuales de cobre son seguros, es fundamental realizar un seguimiento regular para prevenir problemas de corrosión que puedan dañar la calidad del agua y las instalaciones.

Gray (2010) menciona que el cobre en el agua, a pesar de ser necesario en pequeñas cantidades, puede interferir con los procesos de tratamiento si se acumula en exceso, afectando tanto la durabilidad de la infraestructura como la calidad del agua potable. Aunque los valores observados están dentro de un rango seguro, es importante continuar con la vigilancia para evitar problemas futuros.

### **i) Zinc**

Los valores de zinc (tabla 31 y figura 23) en las muestras de agua varían entre 0.03 mg Zn L-1 y 0.18 mg Zn L-1, con el valor más alto registrado en la red de distribución de Picuroyacu. Según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), el Límite Máximo Permisible (LMP) para el zinc es de 3.0 mg Zn L-1, lo que indica que todos los valores observados están muy por debajo de este límite. Montgomery (1985) explica que, aunque el zinc es esencial en pequeñas cantidades, concentraciones elevadas afectarían el sabor del agua y contribuir a la corrosión de las tuberías, lo que genera acumulación de depósitos que pueden perjudicar la calidad del agua.

Benefield, Judkins y Weand (1982) mencionan que el zinc en el agua potable, aunque generalmente no es peligroso en niveles bajos, puede causar problemas estéticos y corrosión si se acumula en exceso. Por lo tanto, es crucial realizar un monitoreo constante de este metal para evitar impactos negativos en la calidad del agua y en la infraestructura de distribución.

Spellman (2014) también destaca que el zinc en el agua puede interactuar con otros metales y compuestos, afectando los procesos de tratamiento y la calidad del agua distribuida. Aunque los niveles actuales de zinc son bajos, un seguimiento continuo es esencial para garantizar que no se acumulen cantidades que puedan comprometer la potabilidad del agua.

### **j) Arsénico**

Los valores de arsénico (tabla 31 y figura 23) en todas las muestras de agua son de 0.00 mg As L-1, lo que indica que no se detectó arsénico en ninguna de las zonas evaluadas. Según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), el Límite Máximo Permisible (LMP) para el arsénico es de 0.010 0.00 mg As L-1,

lo que significa que los resultados están muy por debajo del límite establecido, asegurando la ausencia de este contaminante peligroso en el agua potable.

Smedley y Kinniburgh (2002) explican que el arsénico es un contaminante natural que puede estar presente en el agua subterránea, especialmente en áreas con alta actividad geotérmica o minera. La ausencia de arsénico en las muestras indica una baja probabilidad de contaminación natural en las fuentes de agua evaluadas.

Abernathy et al. (2003) mencionan que la exposición prolongada al arsénico en concentraciones superiores al límite recomendado puede causar serios problemas de salud, incluyendo cáncer de piel, pulmón y vejiga. La detección de 0.00 0.00 mg As L-1 en todas las zonas es un indicador positivo de la seguridad del agua en relación con este contaminante.

Smith, Lingas y Rahman (2000) destacan que el arsénico es uno de los contaminantes más peligrosos que pueden estar presentes en el agua potable, y su monitoreo es esencial para proteger la salud pública. El hecho de que no se haya detectado arsénico en estas muestras refleja un cumplimiento exitoso de los estándares de calidad del agua y una adecuada protección de las fuentes de agua.

#### **k) Nitratos**

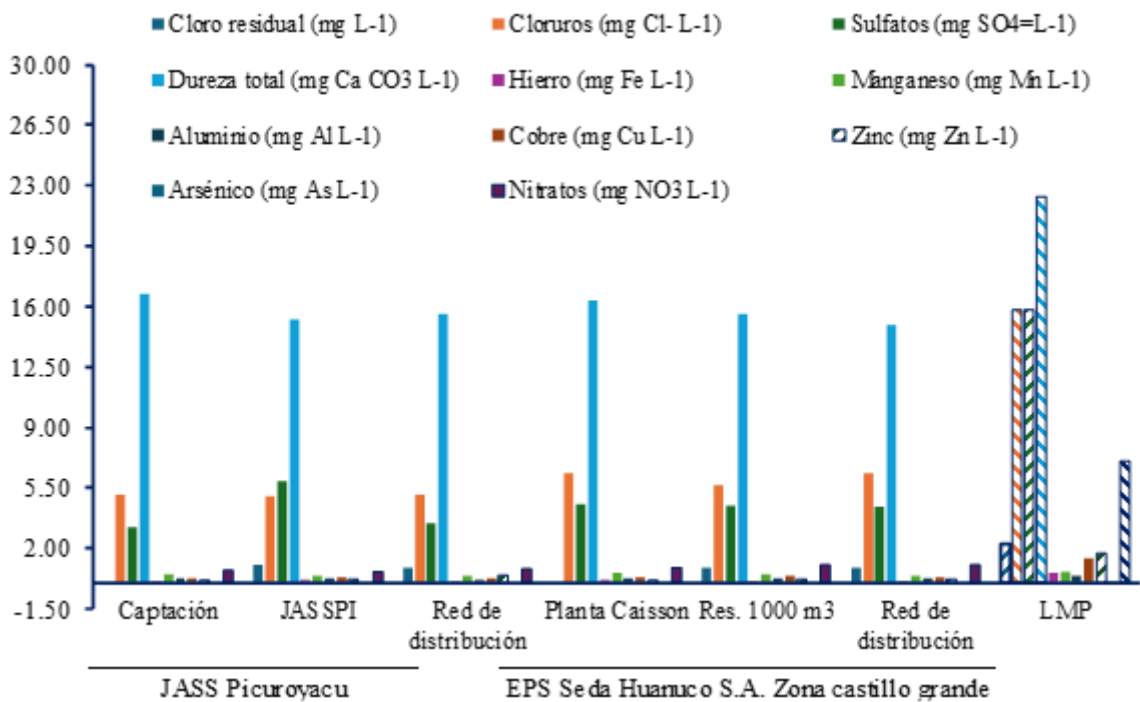
Los valores de nitratos (tabla 31 y figura 23) en las muestras de agua oscilan entre 0.47 mg NO<sub>3</sub> L-1 y 1.15 mg NO<sub>3</sub> L-1, con el valor más alto registrado en el reservorio de 100 m<sup>3</sup> en Castillo Grande. Según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), el Límite Máximo Permisible (LMP) para los nitratos es de 50.00 mg NO<sub>3</sub> L-1, lo que indica que todos los valores están muy por debajo de este límite. Follett y Hatfield (2001) mencionan que los nitratos en el agua potable pueden ser peligrosos en concentraciones elevadas, particularmente para los lactantes, ya que pueden causar el síndrome del bebé azul. Los niveles actuales son seguros, lo que refleja un riesgo mínimo en términos de salud.

Nolan et al. (1998) explican que los nitratos suelen provenir de la descomposición de MO o de la infiltración de fertilizantes agrícolas en las fuentes de agua. Aunque los niveles registrados están por debajo del límite permitido, es esencial continuar monitoreando para prevenir cualquier aumento que pueda acercarse al límite de seguridad.

Ward et al. (2005) destacan que, aunque los niveles de nitratos bajos no representan un riesgo inmediato para la salud, la exposición prolongada a concentraciones elevadas puede estar relacionada con riesgos crónicos, como problemas de tiroides o ciertos

tipos de cáncer. La vigilancia continua es clave para asegurar que los niveles de nitratos permanezcan seguros para el consumo humano.

En general, los resultados indican una buena calidad del agua en relación con los parámetros químicos evaluados, pero la vigilancia continua es clave para prevenir cualquier deterioro en la calidad del agua y asegurar que se mantenga dentro de los estándares recomendados para el consumo humano.



**Figura 23.** Datos para los parámetros químicos del agua para consumo poblacional en Castillo Grande y el centro poblado de Picuroyacu comparado con los LMP del Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.

#### 4.2.3. Parámetros microbiológicos promedios del agua para consumo poblacional

El análisis de los parámetros microbiológicos del agua, como la existencia de coliformes totales y E. coli, es crucial para evaluar su seguridad sanitaria y prevenir enfermedades de origen hídrico. Estos microorganismos son indicadores clave de contaminación fecal y la posible presencia de patógenos peligrosos.

**Tabla 32.** Datos microbiológicos promedio del agua para consumo.

Mes/est.	JASS Picuroyacu			EPS Seda Huánuco Castillo Grande			LMP
	Captació n	JASSPI	Red	Caisson	Res. 1000 m	Red 3	

<b>Coliformes Totales</b>	28.50	0.00	0.00	34.50	0.00	0.00	0 UFC/100 mL a 35°C
<b>Coliformes Fecales Bact. Heterotróficas</b>	20.83	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0 UFC/100 mL a 44.5°C
<b>Escherichia Coli</b>	155.00	50.67	1.17	223.67	0.00	0.83	500 UFC/100 mL a 35°C
	0.17	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0 UFC/100 mL a 44.5°C

\*LMP: límites máximos permisibles

#### a) Coliformes totales

Los valores de coliformes totales en las muestras de agua varían entre 0.00 y 34.50 UFC/100 mL a 35°C, con los valores más altos registrados en la planta Caisson de Castillo Grande (34.50 UFC/100 mL a 35°C) y en la captación de agua en Picuruyacu (28.50 UFC/100 mL a 35°C). Según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), el límite permisible para coliformes totales es de 0 UFC/100 mL a 35°C, lo que indica que cualquier presencia de estos microorganismos señala una contaminación microbiológica del agua.

Geldreich (1996) menciona que los coliformes totales son un indicador crítico de contaminación fecal en el agua potable y, aunque no todos son patógenos, su presencia sugiere la posible existencia de microorganismos peligrosos como E. coli y otros agentes patógenos transmitidos por el agua.

LeChevallier y Au (2004) explican que la detección de coliformes totales en el agua indica fallos en la protección de las fuentes de agua o en los procesos de tratamiento y distribución. Los valores detectados en Caisson de Castillo Grande y Picuroyacu son motivo de preocupación, ya que el agua contaminada provocaría brotes de enfermedades transmitidas por el agua, como diarreas, cólera y fiebre tifoidea.

Ashbolt (2004) destaca que la eliminación de coliformes totales del agua requiere un tratamiento adecuado, incluido el uso de desinfectantes eficaces como el cloro, y una protección apta de las fuentes de agua. Si no se toman medidas correctivas, los coliformes totales pueden persistir en los sistemas de distribución y representar un riesgo continuo para la salud pública.

En resumen, estos resultados sugieren que es fundamental implementar medidas correctivas en las áreas afectadas para eliminar la presencia de coliformes totales y garantizar que el agua cumpla con los estándares de seguridad microbiológica.

### **b) Coliformes fecales**

Los valores de coliformes fecales en las muestras de agua oscilan entre 0.00 y 20.83 UFC/100 mL a 44.5°C, con los valores más altos registrados en la captación de agua en Picuruyacu (20.83 UFC/100 mL a 44.5°C) y en la planta Caisson de Castillo Grande (3.00 UFC/100 mL a 44.5°C). Según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), el límite permisible para coliformes fecales es de 0 UFC/100 mL a 44.5°C, lo que indica que cualquier presencia de estos microorganismos refleja una contaminación fecal y un riesgo para la salud pública.

Craun, Calderon y Craun (2004) explican que los coliformes fecales son indicadores clave de la contaminación fecal del agua, lo que sugiere la presencia de patógenos potencialmente peligrosos, como virus, bacterias y parásitos que pueden causar enfermedades graves, incluidas diarreas infecciosas, fiebre tifoidea y hepatitis.

Hrudey y Hrudey (2004) advierten que la contaminación por coliformes fecales en el agua potable puede ser una señal de fallos en los sistemas de tratamiento o en la protección de las fuentes de agua. Sin una intervención adecuada, la presencia de estos microorganismos puede desencadenar brotes de enfermedades de origen hídrico, lo que subraya la necesidad de implementar medidas correctivas en las zonas afectadas.

Ashbolt et al. (2001) señalan que el control y eliminación de coliformes fecales del agua potable requieren una desinfección adecuada y un monitoreo continuo para evitar riesgos para la salud pública. La detección de coliformes fecales en estas muestras subraya la importancia de reforzar los procesos de tratamiento del agua y que garantice que el agua distribuida sea segura para ser consumida.

### **c) Bacterias heterotróficas**

Los valores de bacterias heterotróficas en las muestras de agua varían entre 0.00 y 223.67 UFC/100 mL a 35°C, con los valores más altos registrados en la planta Caisson de Castillo Grande (223.67 UFC/100 mL a 35°C) y en la captación de agua en Picuruyacu (155.00 UFC/100 mL a 35°C). Según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), el límite permisible para las bacterias heterotróficas es de 500 UFC/100 mL a 35°C, lo que indica que todos los valores observados están por debajo del límite máximo permitido.

Reasoner (2004) explica que las bacterias heterotróficas, aunque no son necesariamente patógenas, influyen en la calidad del agua potable al afectar el sabor, el olor y

la apariencia del agua. Los valores altos en Castillo Grande y Picuruyacu pueden sugerir una falta de control en las etapas de tratamiento y desinfección, lo que podría afectar la percepción de la calidad del agua por parte de los consumidores.

Allen et al. (2004) señalan que la presencia de bacterias heterotróficas en concentraciones elevadas puede indicar una proliferación microbiana en el sistema de distribución, lo que podría comprometer la integridad de los tratamientos de desinfección y permitir la recontaminación del agua. Aunque los valores observados están dentro de los límites aceptables, es crucial monitorear y mejorar los procesos de tratamiento en las áreas afectadas.

Bartram y Rees (2000) destacan que la monitorización de bacterias heterotróficas es importante para estudiar la efectividad de las etapas de tratamiento y detectar posibles problemas de contaminación en los sistemas de distribución de agua. La detección de valores elevados en algunas zonas sugiere la necesidad de revisar y fortalecer las prácticas de tratamiento y distribución que asegure la calidad del agua.

#### **d) *Escherichia Coli***

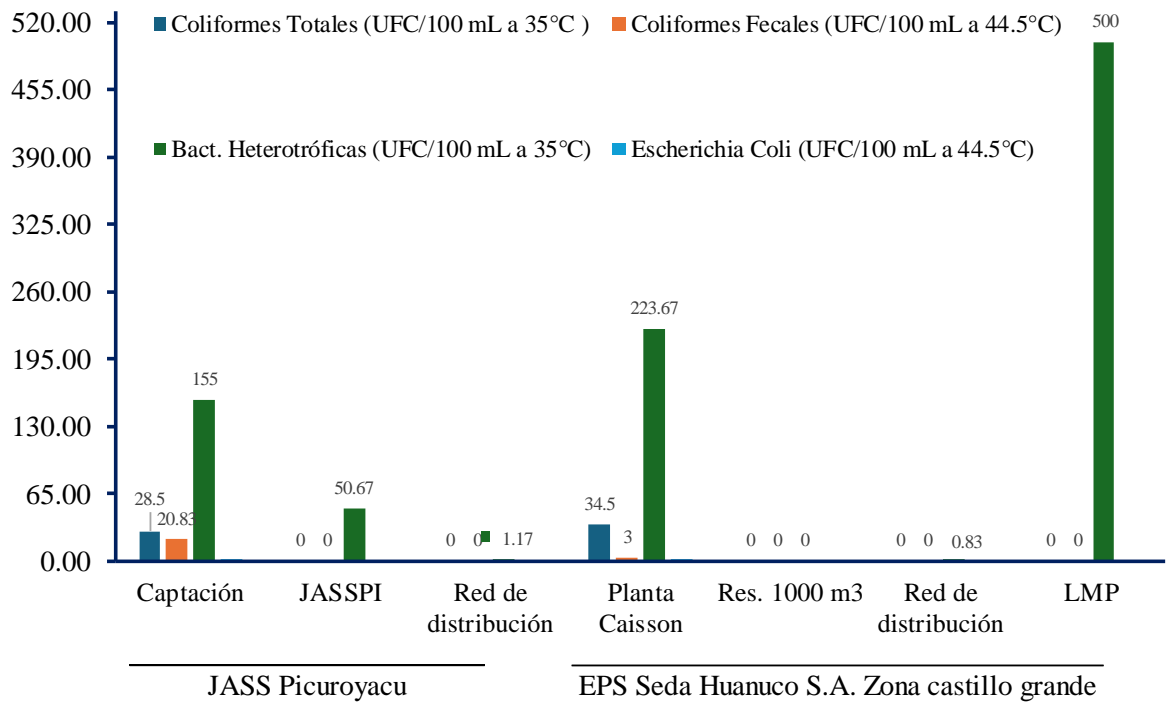
Los valores de *E. coli* en las muestras de agua varían entre 0.00 y 0.17 UFC/100 mL a 44.5°C, con los valores más altos registrados en la captación de agua en Picuroyacu (0.17 UFC/100 mL a 44.5°C) y en la planta Caisson de Castillo Grande (0.17 UFC/100 mL a 44.5°C). Según el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), el límite permisible para *E. coli* es de 0 UFC/100 mL a 44.5°C, lo que significa que cualquier presencia de esta bacteria indica una contaminación fecal y representa un riesgo para la salud pública.

Leclerc et al. (2001) mencionan que *E. coli* es un indicador directo de contaminación fecal y su presencia en el agua potable puede significar que patógenos peligrosos, como virus y parásitos, podrían estar presentes, aumentando el riesgo de enfermedades gastrointestinales. Los valores detectados en Picuroyacu y Castillo Grande requieren una intervención urgente en los procesos de tratamiento.

Edberg et al. (2000) señalan que la detección de *E. coli* en el agua indica una posible contaminación reciente con materia fecal, lo que implica que los sistemas de tratamiento o protección de las fuentes de agua podrían estar fallando. Es fundamental tomar medidas correctivas inmediatas que garantice que el agua sea apta para ser consumida.

Geldreich (1996) destaca que la presencia de *E. coli* en el agua debe ser tratada con máxima prioridad, ya que esta bacteria es un claro indicador de la posible presencia de otros

microorganismos patógenos. El tratamiento adecuado y la protección efectiva de las fuentes de agua son esenciales para prevenir brotes de enfermedades.



**Figura 24.** Datos para los parámetros microbiológicos del agua para consumo poblacional en Castillo Grande y el centro poblado de Picuroyacu comparado con los LMP del Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.

## V. CONCLUSIONES

- El análisis de los parámetros del agua en Castillo Grande y Picuroyacu muestra que el color (5 UCV) y la turbidez (1,52 UNT) están dentro de los límites permisibles, el pH de 7,74 se encuentra dentro del rango recomendado (6,5-8,5), mientras que la conductividad eléctrica de 503,28  $\mu\text{S}/\text{cm}$  está por debajo del límite máximo de 1 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , indicando niveles adecuados de sales disueltas. Los valores químicos, como el cloro residual (1.09 mg L<sup>-1</sup>), La dureza total de 281,20 mg Ca CO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> refleja agua moderadamente dura, cloruros (40,74 mg Cl<sup>-</sup> L<sup>-1</sup>), sulfatos (34,50 SO<sub>4</sub>=L<sup>-1</sup>), hierro (0,03 mg Fe L<sup>-1</sup>), manganeso (0,31 mg Mn L<sup>-1</sup>), aluminio (0,06 mg Al L<sup>-1</sup>), cobre (0,16 Cu L<sup>-1</sup>), zinc (0,18 mg Zn L<sup>-1</sup>), arsénico (0,0001 mg As L<sup>-1</sup>) y nitratos (1,15 g NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>), están todos dentro de los límites normativos. En cuanto a los parámetros microbiológicos, las bacterias coliformes totales (34,50 UFC/100 mL a 35°C), coliformes termotolerantes (20,83 UFC/100 mL a 44,5°C), bacterias heterotróficas (223,67 UFC/100 mL a 35°C) y E. coli (0.17 UFC/100 mL a 44,5°C) sugieren que, aunque los valores son bajos, es esencial mantener la desinfección adecuada para asegurar la calidad del agua.
- Al comparar la concentración de los parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos del agua suministrada por Seda Huánuco en Castillo Grande y Picuroyacu con los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.), cumplen mayormente con los estándares, pero se debe asegurar una desinfección constante para mantener la seguridad del agua en todas las zonas.
- Se determinó que la infraestructura como captación, sedimentador y reservorio se encuentran en mal estado por falta de mantenimiento y tiempo de vida útil el cual se puede mejorar realizando la renovación o mejoramiento, así como también realizando la limpieza y desinfección continua de estas infraestructuras
- La JASS debería de mejorar en coordinación con la red de salud su sistema de cloración (insumos, sistema de goteo) así poder obtener una calidad óptima para el consumo humano de la JASS picuroyacu.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

- Es necesario establecer un sistema de monitoreo regular y continuo de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua en ambas zonas. Esto incluiría la recolección frecuente de muestras en diferentes puntos de la red de distribución para detectar cambios en la calidad del agua de manera oportuna y permitir una intervención rápida.
- Se sugiere mejorar los procesos de desinfección, especialmente en las áreas donde se han detectado bacterias coliformes totales y fecales. Esto podría incluir la optimización del uso de su sistema de cloración o la implementación de tecnologías avanzadas, como la desinfección ultravioleta o el ozono, para garantizar la eliminación de microorganismos patógenos.
- Revisar y reforzar la infraestructura existente para asegurar que las plantas de tratamiento estén operando de manera eficiente. Además, se sugiere realizar inspecciones periódicas y mantener las redes de distribución en condiciones óptimas para prevenir la recontaminación del agua durante su transporte.
- Realizar campañas de sensibilización sobre el uso racional del agua y la importancia de mantener limpias las áreas alrededor de las fuentes de agua también contribuirían a mejorar la calidad del recurso hídrico.
- Desarrollar y mantener un plan de contingencia para enfrentar posibles situaciones de contaminación o fallos en el sistema de tratamiento. Este plan debería incluir medidas para asegurar la continuidad del suministro de agua potable segura en caso de emergencias, como desastres naturales o fallos en la infraestructura.

## VII. REFERENCIAS

- Abernathy, C. O., Thomas, D. J., & Calderon, R. L. (2003). Health effects and risk assessment of arsenic. *Journal of Nutrition*, 133(5), 1536S-1538S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.5.1536S>
- Aguilar, O. Navarro, B. (2018). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano de la comunidad de Llañuacancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017. [Tesis de grado. Universidad Tecnológica de los Andes]*. Abancay – Perú. 132 p. <https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/130/3/Tesis-Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20para%20consumo%20humano.pdf>.
- Aldabe., Aramendia. (2005). *Control de la calidad del agua procesos fisicoquímico*. 1 ed. Barcelona España Editorial Reverté S. A. 654 p. [https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9788429191998\\_A41252059/preview-9788429191998\\_A41252059.pdf](https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9788429191998_A41252059/preview-9788429191998_A41252059.pdf)
- Allen, M. J., Edberg, S. C., & Reasoner, D. J. (2004). Heterotrophic plate count bacteria—What is their significance in drinking water? *International Journal of Food Microbiology*, 92(3), 265-274. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2003.08.017>
- Alva P. (2018). *Determinación de la calidad del agua de la Laguna Azul de Sauce para su uso según estándares de calidad ambiental (ECAS)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, Perú]. Repositorio institucional <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2891>
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), & Water Environment Federation (WEF). (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.). APHA. Bundschuh, J., Bhattacharya, P., & Chandrasekharam, D. (2005). Natural arsenic contamination in groundwater: A global perspective. *Water Resources Development*, 21(3), 349-360. <https://doi.org/10.1080/07900620500198526> World Health Organization
- Amézquita C, Pérez R, Torres P. (2014). *Evaluación del riesgo en sistemas de distribución de agua potable en el marco de un plan de seguridad del agua*. EIA. Esc. Ing. Antioq. Volumen 11. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n21/n21a14.pdf>.
- Andrade, I., P., Texeira, A., Lasmar, D. J., Da Silva, J. Dos Santos, J. (2021). The Potential of Activated Carbon in the Treatment of water for Human Consumption, a Study of the State

- of the Art and Its Techniques Used for Its Developmet. *Scientific Research Publishing*. 11 p. [http://journal.article2publish.com/id/eprint/994/1/abb\\_2021061011521800.pdf](http://journal.article2publish.com/id/eprint/994/1/abb_2021061011521800.pdf)
- Ashbolt, N. J. (2004). Microbial contamination of drinking water and human health from community water systems. *Current Opinion in Microbiology*, 7(5), 539-543.
- Ashbolt, N. J., Grabow, W. O. K., & Snozzi, M. (2001). Indicators of microbial water quality. In L. Fewtrell & J. Bartram (Eds.), *Water quality: Guidelines, standards and health* (pp. 289-316). IWA Publishing.
- Asociación Estadounidense de Salud Pública. [APHA]. (1999). *Método normalizado para el análisis de aguas potables y residuales*. Ed. 20.
- Atencio, H. (2018). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito Simón Bolívar, provincia y región Pasco – 2018*. [Tesis de grado. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Cerro de Pasco – Perú. 142 p. [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/428/1/T026\\_70776177\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/428/1/T026_70776177_T.pdf).
- Bartram, J., & Rees, G. (Eds.). (2000). *Monitoring bathing waters: A practical guide to the design and implementation of assessments and monitoring programmes*. World Health Organization.
- Benefield, L. D., Judkins, J. F., & Weand, B. L. (1982). *Process chemistry for water and wastewater treatment*. Prentice Hall.
- Caiza, W. P. (2014). *Determinación de la dureza de agua de consumo humano de la parroquia Simiatug, Canton Guaranda, provincia de Bolívar periodo 2013 – 2014*. [Tesis de grado. Universidad Técnica de Cotopaxi]. Latacunga – Ecuador. 119 p. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2748/1/T-UTC-00285.pdf>
- Cajahuaman, S. M., y Vásquez, T. (2022). *Determinación de la calidad del agua del río Shanay-Timpishka del distrito de Honoria, departamento de Huánuco*. [Tesis de grado. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa – Perú]. 75 p. [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5216/B02\\_2022\\_UNU\\_AMBIENT\\_AL\\_2022\\_T\\_ANGIE-CAJAHUAMAN\\_TANIA-VASQUEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5216/B02_2022_UNU_AMBIENT_AL_2022_T_ANGIE-CAJAHUAMAN_TANIA-VASQUEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Carter, J. T., Rice, E. W., Buchberger, S. G., & Lee, Y. (2000). Relationships between levels of heterotrophic bacteria and water quality parameters in a drinking water distribution system. *Water Research*, 34(5), 1495-1502. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(99\)00315-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(99)00315-7)
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. [CEPIS]. (2002). *Guía*

- para la vigilancia y Control de la Calidad del agua para el Consumo Humano*. Cepis. [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d25/075%20vigilanciaycontrol\\_calidaddeagua/cepis\\_guia\\_vigilanciaycontrol\\_calidaddeagua.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d25/075%20vigilanciaycontrol_calidaddeagua/cepis_guia_vigilanciaycontrol_calidaddeagua.pdf).
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. [CEPIS/OPS]. (2004). *Tratamiento de agua para el Consumo Humano: Plantas de filtración rápida*. <http://www.bvsde.opsoms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualIII/indice.pdf> [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d25/075%20vigilanciaycontrol\\_calidaddeagua/cepis\\_guia\\_vigilanciaycontrol\\_calidaddeagua.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d25/075%20vigilanciaycontrol_calidaddeagua/cepis_guia_vigilanciaycontrol_calidaddeagua.pdf).
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. [CEPIS/OPS]. (2005). *Guía para gobiernos locales*. Lima. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/170doc-tecnologias.pdf>. -cloro residual.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. [CEPIS/OPS]. (2007). *Guía para la vigilancia y Control de la Calidad del agua para el Consumo Humano*. Cepis (<http://www.cepis.opsoms.org>).
- Chapman, D. (1996). *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring* (2nd ed.). E & FN Spon.
- Craun, G. F., Calderon, R. L., & Craun, M. F. (2004). Waterborne outbreaks caused by zoonotic pathogens in the USA. *Proceedings of the Water Environment Federation, 2004*(2), 707-718. <https://doi.org/10.2175/193864704784342529>
- Davis, M. L., & Cornwell, D. A. (2013). *Introduction to environmental engineering* (5th ed.). McGraw-Hill.
- De Zuane, J. (1997). *Handbook of drinking water quality* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Davis, M.L., y D.A, Cornwell, (1998). *Introduction to Enviromental Engineering*, Mc Graw Hill, Series in Water Resources and Enviromental Engineering.
- Delgado, M. (2019). *Diagnóstico de la calidad del agua y diseño de propuesta de solución para la zona crítica establecida mediante el índice de calidad de agua (ICA) en el río Colca*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa., Perú]
- Díaz Y. (2019). *Determinación de variables con mayor impacto en la calidad del agua, de la cuenca baja del río chillón*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villareal]. Repositorio Institucional
- Díaz Sánchez, G. (2018). *Determinación de la calidad del agua del río Naranjos mediante el uso de los coeficientes cinéticos de auto depuración, distrito de Pardo Miguel – San Martín*, 2017. [Tesis de grado. Universidad Nacional de san Martín – Tarapoto]. Tarapoto, Perú.

- Dionisio, A. I. (2021). *Calidad del agua para consumo poblacional de las fuentes de agua Cocheros, Quebrada del Águila y Cushuro en la ciudad de Tingo María – Leoncio Prado*. [Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Tingo María – Perú. [https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2111/TS\\_AIDA\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2111/TS_AIDA_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Dirección General de Salud Ambiental. [DIGESA]. (2007). *Análisis Microbiológico de Aguas Residuales por Técnicas de los Tubos Múltiples de fermentación (NMP)*. [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Gu%C3%ADa%20Tecnica%20Proced\\_Tom\\_Muestras\\_Playas.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Gu%C3%ADa%20Tecnica%20Proced_Tom_Muestras_Playas.pdf)
- Dirección General de Salud Ambiental. [DIGESA]. (2011). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*. DS N° 031 -2010 – SA. Lince. Lima. [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento\\_Calidad\\_Agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf)
- Dirección General de Salud Ambiental. [DIGESA]. (2011). *Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano*. R.D. N° 160 -2015/DIGESA/SA. Lince. Lima. 23 p. [http://www.digesa.minsa.gob.pe/normaslegales/normas/rd\\_160\\_2015\\_digesa.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/normaslegales/normas/rd_160_2015_digesa.pdf)
- Edberg, S. C., Rice, E. W., Karlin, R. J., & Allen, M. J. (2000). *Escherichia coli*: The best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 88(S1), 106S-116S. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2000.tb05338.x>
- El Peruano (2017). Decreto Supremo N° 004-2017- MINAM. ([http://www.minam.gob.pe/dmdocuments/ds\\_004\\_2017\\_ECA\\_LMPagua.pdf](http://www.minam.gob.pe/dmdocuments/ds_004_2017_ECA_LMPagua.pdf).)
- Espinoza, C. (2005). Calidad de agua y contaminación de agua subterránea. Disponible en: [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/CI51J/datos\\_ramo/](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/CI51J/datos_ramo/).
- Follett, R. F., & Hatfield, J. L. (Eds.). (2001). *Nitrogen in the environment: Sources, problems, and management*. Elsevier.
- Geraldo, S. (2007). *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Actividades Rurales*. [http://www.cebra.com.uy/presponsable/adjuntos/2007/11/manual\\_ppr\\_m anual-eiar-ppr.pdf](http://www.cebra.com.uy/presponsable/adjuntos/2007/11/manual_ppr_m anual-eiar-ppr.pdf).
- Gray, N. F. (2010). *Water technology: An introduction for environmental scientists and engineers* (3rd ed.). Elsevier.
- Guimaraes, L. X. (2022). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el Asentamiento Humano San Isidro, Callería – Ucayali*. 2020. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa – Perú]. 129 p.

[http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5194/B02\\_2022\\_UNU\\_MAESTRI\\_A\\_2022\\_TM\\_LUIS-GUIMARAES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5194/B02_2022_UNU_MAESTRI_A_2022_TM_LUIS-GUIMARAES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Geldreich, E. E. (1996). *Microbial quality of water supply in distribution systems*. CRC Press.
- Hernández R, Fernández C, Baptista M. (2010). *Metodología de la investigación*. Quinta edición. México: Mc Graw Hill; Disponible en: [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf). Accedido.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a. ed. --.). México D.F.: McGraw-Hill. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacionsextaedicion.compressed.pdf>
- Holdrige, L. (1993). *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- Hrudey, S. E., & Hrudey, E. J. (2004). *Safe drinking water: Lessons from recent outbreaks in affluent nations*. IWA Publishing.
- LeChevallier, M. W., & Au, K.-K. (2004). *Water treatment and pathogen control: Process efficiency in achieving safe drinking water*. IWA Publishing.
- Leclerc, H., Mossel, D. A. A., Edberg, S. C., & Struijk, C. B. (2001). Advances in the bacteriology of the coliform group: Their suitability as markers of microbial water safety. *Annual Review of Microbiology*, 55(1), 201-234. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.55.1.201>
- Lloclla R. (2020). *Evaluación de la calidad del agua del río Uquihua, en uso como aguas recreativas Rioja – San Martín. Moyobamba 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad nacional de San Martín – Tarapoto. Perú]. Repositorio Institucional. Tarapoto, Perú.
- Marín, R. (2006). Características Físicas, Químicas y Biológicas de las aguas. (E. M. (EMACSA), Ed.) Córdoba, España: Control de calidad y Medio Ambiente. 164. Obtenido de [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf)
- Méndez C. y Cardona O. (2020). *Metodología para determinar el riesgo a la salud humana por agua de fuentes hídricas para uso recreativo, por contacto primario y secundario – indicador GESDAO*. [tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia]. Repositorio Institucional <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9475>.
- Ministerio del ambiente (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Decreto supremo N° 004 – 2017 –

MINAM - <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

Ministerio de Salud. [MINSA]. (2010). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano* DS N°031–2010–SA. Disponible en:

[http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento\\_calidad\\_agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento_calidad_agua.pdf).

Ministerio de Salud. [MINSA]. (1997). *Ley General de Salud – Ley N° 26842*. Diario el Peruano. Disponible en:

<http://www.minsa.gob.pe/renhice/documentos/normativa/Ley%2026842-1997%20-%20Ley%20General%20de%20Salud%20Concordada.pdf>.

Ministerio de Salud. [MINSA]. (2014). *Directiva Sanitaria N° 058- MINSA/DIGESA-V.01 Directiva Sanitaria para la formulación, aprobación y aplicación del plan de control de calidad*. Diario El Peruano. Disponible en:

[ftp://ftp2.minsa.gob.pe/descargas/Transparencia/01InformacionInst/archivolegaldigital/Directiva2014/RM908\\_2014\\_MINSA.pdf](ftp://ftp2.minsa.gob.pe/descargas/Transparencia/01InformacionInst/archivolegaldigital/Directiva2014/RM908_2014_MINSA.pdf).

Nathanson, J. A. (2018). *Basic environmental technology: Water supply, waste management, and pollution control* (6th ed.). Pearson Education.

Noboa V. (2021). *Análisis y propuesta de mejoras de la calidad del agua del río Chimbo en la ciudad de Guaranda, provincia de Bolívar, Ecuador*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de la Plata]. Repositorio Institucional UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/128012>

Nolan, B. T., Ruddy, B. C., Hitt, K. J., & Helsel, D. R. (1998). A national look at nitrate contamination of ground water. *Water Conditioning and Purification*, 39(12), 76-79.

Ñahui, D. F. (2023). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano de los centros poblados del distrito de Yauli, Huancavelica – 2023*. [Tesis de grado, Universidad Continental. Huancayo – Perú]. 101 p. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13303/1/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_%C3%91ahui\\_Salvatierra\\_2023.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13303/1/IV_FIN_107_TE_%C3%91ahui_Salvatierra_2023.pdf).

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). Chemical fact sheets: Zinc.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2011). *Guías para la calidad del agua potable* (4ta ed.). Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548151>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). *Guías para la calidad del agua potable* (3ra ed.). Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud.

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (1988). *Agua y salud humana*. México D. F. México.

Limusa.

- Organización Mundial de la Salud. [OMS]. (2006). *Guías para la calidad del agua potable. Primer apéndice a la tercera edición volumen 1 Recomendaciones*. Suiza; 2006. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowsres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowsres.pdf)
- Palacios R. F. y Velastegui L. C. (2020). *Evaluación de la calidad del agua de consumo humano en la comunidad San Rafael, provincia de Pichincha*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Institucional <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21047>.
- Paredes. R. C. y Quinto, J. F. (2016). *Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en el distrito de Palca provincia de Tarma región Junín*. [Tesis de pregrado. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Chanchamayo – Perú. 112 p. [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/166/1/T026\\_45909116\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/166/1/T026_45909116_T.pdf)
- Pavan J. V., Masachessi G., Prez V. E., Di Cola G., Re V. E. y Nates S. V. (2022). Evaluación de la calidad de aguas superficiales en espacios recreacionales, una propuesta integradora de marcadores químicos y microbiológicos. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de Córdoba*, 72(2) 210 – 2014.
- Perú. (1993). Constitución Política del Perú. Disponible en: [http://www4.congreso.gob.pe/ntley/Imagenes/Constitu/Cons19\\_93.pdf](http://www4.congreso.gob.pe/ntley/Imagenes/Constitu/Cons19_93.pdf)
- Pinto, A. J., Xi, C., & Raskin, L. (2012). Bacterial community structure in the drinking water microbiome is governed by filtration processes. *Environmental Science & Technology*, 46(16), 8851-8859. <https://doi.org/10.1021/es302042t>
- Puente D. G., Valenzuela L. I. y Alarcón M. T. (2023). Determinación histórica de Índices de Calidad del Agua en observatorios participativos en el norte de México. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 39(1), 127-137.
- Ramos, K. L. y Pérez, D. E. (2023). *Cloro residual libre y demanda Bioquímica de oxígeno en los JASS en el área urbana del centro poblado de Pueblo Libre – Huancavelica*. [PREQB]. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú. 120 p. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/308d69d3-86c7-46a1-ad67-5f05b26a1cc8/content>.
- Reasoner, D. J. (2004). Heterotrophic plate count methodology in the United States. *International Journal of Food Microbiology*, 92(3), 307-315. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2003.08.004>
- Ríos S., Agudelo R. M., y Gutiérrez L. A. (2017). *Patógenos e indicadores microbiológicos de*

- calidad del agua para consumo humano*. Revista Facultad Nacional de Salud Pública, 35(2), 236–247. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>.
- Sawyer, C. N., McCarty, P. L., & Parkin, G. F. (2003). *Chemistry for environmental engineering and science* (5th ed.). McGraw-Hill
- Saxena, G., Bharagava, R. N., Kaithwas, G., & Raj, A. (2015). Microbial indicators, pathogens and methods for their monitoring in water environment. *Journal of Water and Health*, 13(2), 319-339. <https://doi.org/10.2166/wh.2014.275>
- SENAMHI. (2021). *Condiciones de tiempo*. Servicios nacionales de meteorología e hidrología del Perú. Senamhi. ([Http://www.senamhi.gob.pe/main\\_mapa.php?t=dHi](http://www.senamhi.gob.pe/main_mapa.php?t=dHi)).
- Secretaria de estado de medioambiente y recursos naturales. [SEMARENA]. (2001). *Normas de calidad de agua y control de descargas*. Artículo.
- Ser peruano (2012). Lima: Agua para Consumo Humano. Disponible en <http://www.serperuano.com/2012/02/agua-para-consumo-humano/>.
- Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. G. (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17(5), 517-568. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(02\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00018-5)
- Snoeyink, V. L., & Jenkins, D. (1980). *Water chemistry*. John Wiley & Sons.
- Smith, A. H., Lingas, E. O., & Rahman, M. (2000). Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: A public health emergency. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), 1093-1103.
- Spalding, R. F., & Exner, M. E. (1993). Occurrence of nitrate in groundwater—A review. *Journal of Environmental Quality*, 22(3), 392-402. <https://doi.org/10.2134/jeq1993.00472425002200030002x>
- Spellman, F. R. (2014). *Handbook of water and wastewater treatment plant operations* (3rd ed.). CRC Press.
- Swistock B. R., Clemens S. y Sharpe W. (2023). Bacterias coliformes. *The Pennsylvania State University*, Code: ART-6742.
- Tchobanoglous, G., & Schroeder, E. D. (1985). *Water quality: Characteristics, modeling, and modification*. Addison-Wesley.
- Viessman, W., & Hammer, M. J. (2009). *Water supply and pollution control* (8th ed.). Pearson Education.
- Ward, M. H., Jones, R. R., Brender, J. D., de Kok, T. M., Weyer, P. J., Nolan, B. T., ... & van Breda, S. G. (2018). Drinking water nitrate and human health: An updated review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1557.

<https://doi.org/10.3390/ijerph15071557>.

- Ward, M. H., Jones, R. R., Brender, J. D., de Kok, T. M., Weyer, P. J., Nolan, B. T., ... & Van Breda, S. G. (2005). Drinking water nitrate and health: Recent findings and research needs. *Environmental Health Perspectives*, *113*(11), 1607-1614.  
<https://doi.org/10.1289/ehp.8043>
- White, G. C. (2010). *Handbook of chlorination and alternative disinfectants* (5th ed.). Wiley.
- World Health Organization (WHO). (2017). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed.). WHO.

## **ANEXO**

### Anexo 1. Tabulación de datos

**Tabla 3333.** Análisis físico de la investigación distrito de Castillo Grande y el centro poblado de Picuroyacu

Color												
Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	6	2	0	8	7	0	3	0	6	5	2	2
<b>Reservorio JASSPI</b>	10	6	2	3	5	0	7	6	1	0	5	5
<b>Red de distribución</b>	8	0	2	4	0	0	4	8	2	1	2	8

Turbiedad												
Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	2.14	0.24	0.85	0.85	1.74	0.46	3	0.2	0.84	0.64	0.56	0.25
<b>Reservorio JASSPI</b>	1.1	0.15	0.6	0.29	1	0.7	0.7	0.25	0.44	0.34	0.21	0.21
<b>Red de distribución</b>	1.02	0.12	0.44	0.48	0.48	0.48	0.31	0.31	0.4	0.31	0.4	0.35

pH												
Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	7.84	7.2	7.44	7.28	7.81	7.12	7.68	7.08	7.99	7.29	7.68	7.24
<b>Reservorio JASSPI</b>	7.6	7.45	7.86	7.63	7.18	7.2	7.54	7.23	7.66	7.54	7.06	7.06
<b>Red de distribución</b>	7.56	7.46	7.85	7.47	7.25	7.25	7.68	7.17	7.68	7.25	7.87	7.33

Conductividad												
Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	377	480	350	589	387	425	464	464	362	432	470	470
<b>Reservorio JASSPI</b>	414	547	420	573	344	453	363	464	377	477	506	506
<b>Red de distribución</b>	379	516	375	480	435	435	342	931	345	513	381	481

Análisis físico						
	Muestra	Zonas	color	Turbiedad	pH	conductividad
enero	1	Captación	6	2.14	7.84	376.7
		Reservorio JASSPI	10	1.1	7.6	414.1
		Redis distribuc.	8	1.02	7.56	379.2
Análisis físico						
	Muestra	Zonas	color	Turbiedad	pH	conductividad
febrero	1	Captación	0	0.85	7.44	350.2
		Reservorio JASSPI	2	0.6	7.86	420
		Redis distribuc.	2	0.44	7.85	375.1
Análisis físico						
	Muestra	Zonas	color	Turbiedad	pH	conductividad
marzo	3	Captación	7	1.74	7.81	387
		Reservorio JASSPI	5	1	7.18	344
		Redis distribuc.	0	0.48	7.25	435.2
Análisis físico						
	Muestra	Zonas	color	Turbiedad	pH	conductividad
abril	2	Captación	3	3	7.68	464
		Reservorio JASSPI	7	0.7	7.54	363
		Redis distribuc.	4	0.31	7.68	342.1
Análisis físico						
	Muestra	Zonas	color	Turbiedad	pH	conductividad
mayo	2	Captación	6	0.84	7.99	362
		Reservorio JASSPI	1	0.44	7.66	377
		Redis distribuc.	2	0.4	7.68	345
Análisis físico						
	Muestra	Zonas	color	Turbiedad	pH	conductividad
junio	2	Captación	2	0.56	7.68	470
		Reservorio JASSPI	5	0.21	7.06	506
		Redis distribuc.	2	0.4	7.87	381

**Tabla 3334.** Análisis químico de la investigación distrito de Castillo Grande y el centro poblado de Picuroyacu

Cloro residual												
Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	0	***	0	***	***	***	***	***	***	***	***	***
<b>Reservorio JASSPI</b>	0.92	0.8	1	0.54	1.5	0.8	1.1	0.68	1	0.79	1	0.82
<b>Red de distribución</b>	0.85	1.03	0.88	0.55	0.75	0.75	0.85	0.8	0.99	0.83	0.78	0.77

Cloruros												
Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	13.3	53.32	33.3	66.75	20	44.35	26.7	26.7	44	33.3	20	20
<b>Reservorio JASSPI</b>	19.9	39.9	33	19.9	26.7	23.48	26.6	46.6	26.7	46.7	20	13.3
<b>Red de distribución</b>	19.9	53.32	26.7	46.65	26	26	26.5	46.7	26	33.3	30	33.3

Sulfatos													
Tipo	Meses												
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio		
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY
<b>Captación</b>	0	16	0	25	0	18	15	15	26	26	23	23	23
<b>Reservorio JASSPI</b>	0	22	0	21	1	20	158	15	33	20	15	24	24
<b>Red de distribución</b>	0	19	0	22	20	20	10	15	20	20	22	22	22

Dureza Total												
Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	260	280	273.6	260	273.6	220	280	280	300	256.5	300	300
<b>Reservorio JASSPI</b>	260	260	239.4	260	239.4	128	200	300	200	222.3	260	280
<b>Red de distribución</b>	260	280	239.4	110	170	170	260	280	230	239.4	300	256.5

Hierro												
Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	0	0.04	0.04	0.02	0.04	0.03	0.01	0.01	0.03	0.04	0.02	0.02
<b>Reservorio JASSPI</b>	0.04	0.02	0.04	0.02	0.08	0.03	0	0	0	0	0	0
<b>Red de distribución</b>	0.02	0.01	0.02	0.05	0	0	0	0	0.02	0.02	0	0

Manganeso												
Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	0.1	0.35	0.1	0.35	0.3	0.07	0.4	0.4	0.2	0.4	0.3	0.3
<b>Reservorio JASSPI</b>	0.35	0.37	0	0.4	0.1	0.05	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3
<b>Red de distribución</b>	0.3	0.28	0.2	0.3	0.03	0.03	0.2	0.3	0.1	0	0.2	0.3

Aluminio												
Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	0.013	0.029	0.083	0.086	0.079	0.068	0.052	0.052	0.046	0.066	0.083	0.083
<b>Reservorio JASSPI</b>	0.075	0.035	0.04	0.069	0.076	0.032	0.012	0.022	0.03	0.044	0.078	0.078
<b>Red de distribución</b>	0.01	0.02	0.063	0.012	0.031	0.031	0.02	0.025	0.063	0.093	0.067	0.098

Cobre												
Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	0.01	0.11	0.04	0.08	0.04	0.03	0.1	0.1	0.06	0.16	0.16	0.16
<b>Reservorio JASSPI</b>	0	0.1	0.02	0.07	0.13	0.18	0.04	0.05	0.2	0.21	0.4	0.37
<b>Red de distribución</b>	0.04	0.12	0.02	0.02	0.12	0.12	0.04	0.06	0.15	0.25	0.09	0.16

Zinc												
Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	0.02	0.04	0.02	0.02	0.03	0	0.08	0.08	0.03	0.03	0	0

<b>Reservorio JASSPI</b>	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0	0.04	0.08	0.07	0.07	0.04	0.04
<b>Red de distribución</b>	0.07	0.04	0.7	0	0	0	0.2	0.13	0.06	0.06	0.02	0.02

## Arsénico

Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0
<b>Reservorio JASSPI</b>	0	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Red de distribución</b>	0	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## Nitratos

Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	0.4	0.8	0.6	0.7	0.5	0.85	0.8	0.8	0.4	0.7	0.5	0.5
<b>Reservorio JASSPI</b>	0.5	1.3	0.4	1.1	0.6	1.2	0.4	0.9	0.4	1.1	0.5	1.3
<b>Red de distribución</b>	0.8	1.3	0.5	1.3	1.2	1.2	0.4	1	0.4	1	0.4	0.9

## Análisis químico

Muestr	Zonas	Cl residual	Clorur	Sulfat	Dur. Total	Hier			Zin		Nitrat	
						Mn	Al	Cu	Ars	Ars	Ars	
1	Captación Reservorio	0	13.3	0	260	0	0.1	0.01	0.0	0.0	0	0.4
	JAS SPI	0.92	19.9	0	260	0.04	0.35	0.07	0	0.0	0	0.5
	Redis distri buc.	0.85	19.9	0	260	0.02	0.3	0.01	0.0	0.0	0	0.8

Muestr	Zonas	Cl residual	Clorur	Sulfat	Dur. Total	Hier			Zin		Nitrat	
						Mn	Al	Cu	Ars	Ars	Ars	
1	Captación Reservorio	0	33.3	0	273.6	0.04	0.1	0.08	0.0	0.0	0	0.6
	JAS SPI	1	33	0	239.4	0.04	0	0.04	0.0	0.0	0	0.4
	Redis distri buc.	0.88	26.7	0	239.4	0.02	0.2	0.06	0.0	0.7	0	0.5

## Análisis químico

Muestr	Zonas	Cl residual	Clorur	Sulfat	Hier			Zin		Nitrat		
					Mn	Al	Cu	Ars				
			Dur. Total									
3	Captación Reservorio	***	20	0	273.6	0.04	0.3	0.07	0.0	0.0	0	0.5
	JAS SPI	1.5	26.7	1	239.4	0.08	0.1	0.07	0.1	0.0	0	0.6
	Redis distri buc.	0.75	26	20	170	0	0.03	0.03	0.1	0	0	1.2

## Análisis químico

Muestr	Zonas	Cl residual	Clorur	Sulfat	Hier			Zin		Nitrat		
					Mn	Al	Cu	Ars				
			Dur. Total									
2	Captación Reservorio	***	26.7	15	280	0.01	0.4	0.05	0.1	0.0	0	0.8
	JAS SPI	1.1	26.6	158	200	0	0.2	0.01	0.0	0.0	0	0.4
	Redis distri buc.	0.85	26.5	10	260	0	0.2	0.02	0.0	0.2	0	0.4

## Análisis químico

Muestr	Zonas	Cl residual	Clorur	Sulfat	Hier			Zin		Nitrat		
					Mn	Al	Cu	Ars				
			Dur. Total									
2	Captación Reservorio	***	44	26	300	0.03	0.2	0.04	0.0	0.0	0	0.4
	JAS SPI	1	26.7	33	200	0	0.2	0.03	0.2	0.0	0	0.4
	Redis distri buc.	0.99	26	20	230	0.02	0.1	0.06	0.1	0.0	0	0.4

Muestr	Zonas	Cl residual	Clorur	Sulfat	Hier			Zin		Nitrat		
					Mn	Al	Cu	Ars				
			Dur. Total									
2	Captación Reservorio	***	20	23	300	0.02	0.3	0.08	0.1	0	0	0.5
	JAS SPI	1	20	15	260	0	0.3	0.07	0.4	0.0	0	0.5
	Redis distri buc.	0.78	30	22	300	0	0.2	0.06	0.0	0.0	0	0.4

**Tabla 3335.** Análisis bacteriológico de la investigación distrito de Castillo Grande y el centro poblado de Picuroyacu

Bacterias Coliformes termotolerantes o Fecales	
Tipo	Meses

	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	100	1	15	11	10	6	0	0	0	0	0	0
<b>Reservorio JASSPI</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Red de distribución</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## Bacterias Heterotróficas

Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	400	1000	200	100	100	100	100	64	100	48	30	30
<b>Reservorio JASSPI</b>	259	0	0	0	10	0	0	0	35	0	0	0
<b>Red de distribución</b>	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	3

## Escherichia Coli

Tipo	Meses											
	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio	
	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG	PY	CG
<b>Captación</b>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<b>Reservorio JASSPI</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Red de distribución</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## Análisis microbiológico

		Bacterias			
Muestr	Zonas	Coliformes Totales	Bacterias Coliformes termotolerantes o Fecales	Bacterias Heterotróficas	Escherichia Coli
1	Captación Reservorio	20	100	400	0
	JASSP I	0	0	259	0
	Redis distribuc.	0	0	2	0

		Bacterias			
Muestr	Zonas	Coliformes Totales	Bacterias Coliformes termotolerantes o Fecales	Bacterias Heterotróficas	Escherichia Coli
1	Captación Reservorio	3	15	200	0
	JASSP I	0	0	0	0
	Redis distribuc.	0	0	0	0

## Análisis microbiológico

Muestr	Zonas	Bacterias			
		Coliformes Totales	Bacterias Coliformes termotolerantes o Fecales	Bacterias Heterotróficas	Escherichia Coli
3	Captación Reservoirio	52	10	100	1
	JASSP I	0	0	10	0
	Redis distribuc.	0	0	0	0

## Análisis microbiológico

Muestr	Zonas	Bacterias			
		Coliformes Totales	Bacterias Coliformes termotolerantes o Fecales	Bacterias Heterotróficas	Escherichia Coli
2	Captación Reservoirio	56	0	100	0
	JASSP I	0	0	0	0
	Redis distribuc.	0	0	0	0

## Análisis microbiológico

Muestr	Zonas	Bacterias			
		Coliformes Totales	Bacterias Coliformes termotolerantes o Fecales	Bacterias Heterotróficas	Escherichia Coli
2	Captación Reservoirio	15	0	100	0
	JASSP I	0	0	35	0
	Redis distribuc.	0	0	2	0

Muestr	Zonas	Bacterias			
		Coliformes Totales	Bacterias Coliformes termotolerantes o Fecales	Bacterias Heterotróficas	Escherichia Coli
2	Captación Reservoirio	25	0	30	0
	JASSP I	0	0	0	0
	Redis distribuc.	0	0	3	0

**Anexo 2. Panel fotográfico**

**Figura 25.** Reconocimiento del área de estudio en la captación picuroyacu.



**Figura 26.** Reconocimiento del área de estudio en la captación picuroyacu.



**Figura 27.** Verificación de la infraestructura del sedimentador.



**Figura 28.** Reconocimiento e inspección del reservorio de picuroyacu



**Figura 29.** Recolección de muestras en la captación.



**Figura 30.** Recolección de muestras en el reservorio.



**Figura 31.** Rotulación de muestras en el reservorio.



**Figura 32.** Evaluación de cloro, turbidez, Ph, conductividad en campo.



**Figura 33.** Evaluación de cloro, turbidez, Ph, conductividad en campo.



**Figura 34.** Recolección de muestras en diferentes puntos de redes de distribución-picuroyacu.



**Figura 35.** Recolección de muestras en diferentes puntos de redes de distribución-picuroyacu.



**Figura 36.** Recolección de muestras en diferentes puntos de redes de distribución-picuroyacu.



**Figura 37.** Preparando los equipos para la evaluación de cloro, Ph, turbiedad, conductividad.



**Figura 38.** Recolección de muestras en la planta caisson I que abastece a la zona castillo grande.



**Figura 39.** Recolección de muestras en diferentes puntos de distribución de la zona castillo grande que abastece la EPS Seda Huanuco.



**Figura 40.** Recolección de muestras en diferentes puntos de distribución de la zona castillo grande que abastece la EPS Seda Huanuco.



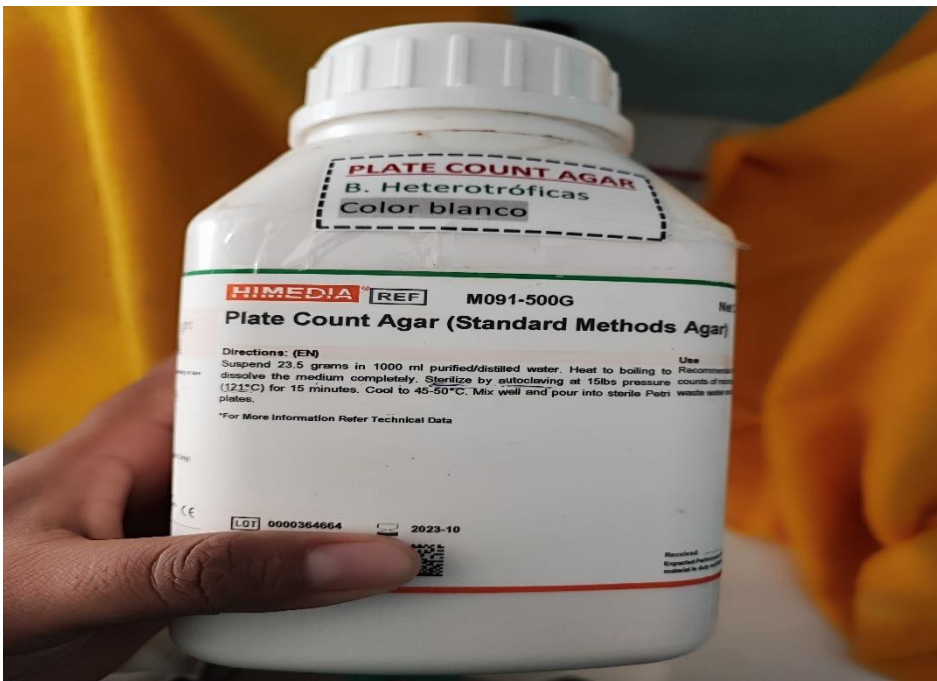
**Figura 41.** Recolección de muestras en diferentes puntos de distribución de la zona castillo grande que abastece la EPS Seda Huánuco.



**Figura 42.** Realizando monitoreo diario para corroborar que el cloro residual, turbiedad, cloro, conductividad estén dentro de los límites máximos permisibles.



**Figura 43.** Preparando los materiales y agares para realizar los análisis microbiológicos.



**Figura 44.** Bacterias Heterotróficas (plate count agar)

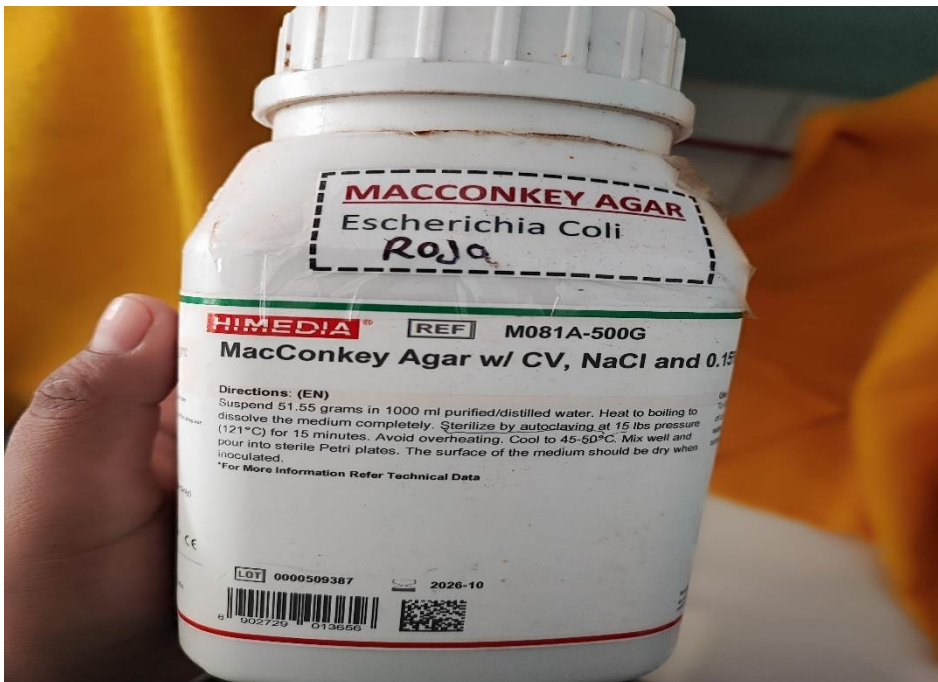


Figura 45. Escherichia Coli (Macconkey agar)

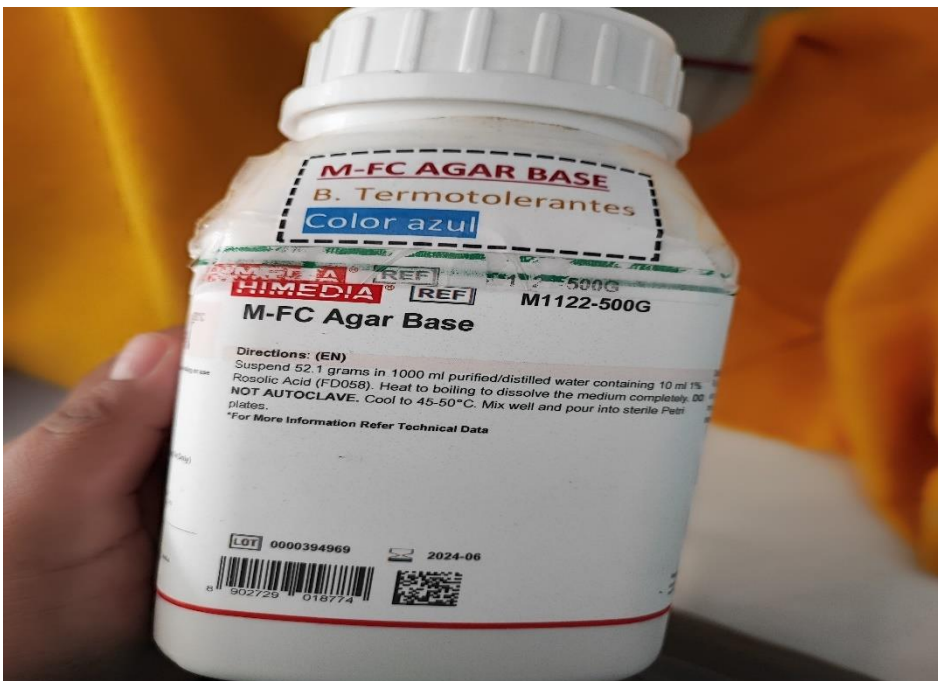
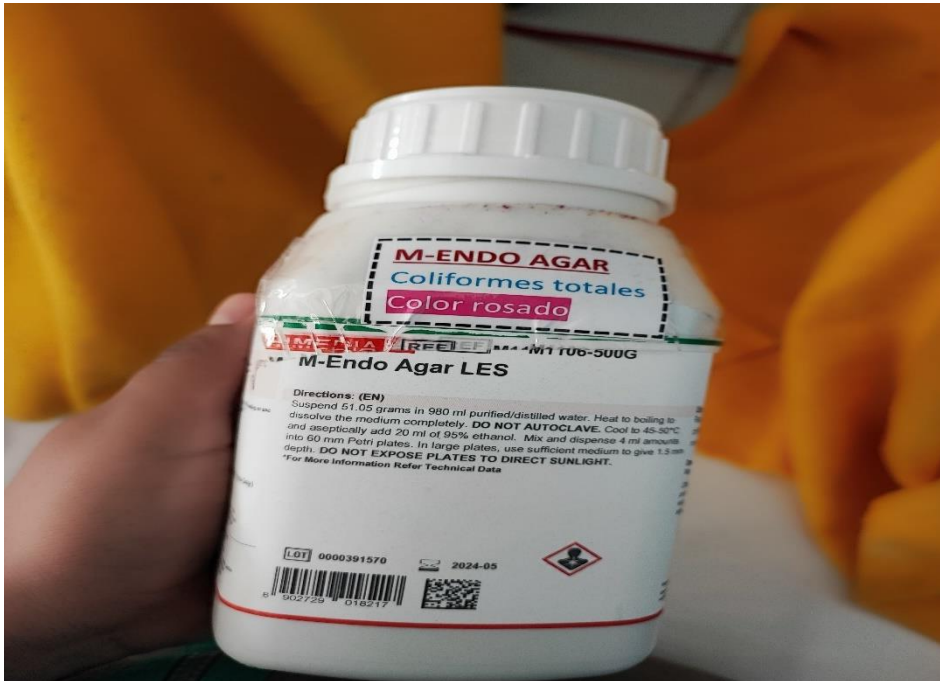


Figura 46. Bacterias coliformes termotolerantes o fecales (M-FC Agar Base)



**Figura 47.** Bacterias coliformes totales (M-Endo Agar)



**Figura 48.** Preparando placas Petri agregar los medio de cultivo.



**Figura 49.** Agregando los medio de cultivo a las placa petri.



**Figura 50.** Sembrado de la muestra de bacteria en los 4 medio de cultivo.



**Figura 51.** Incubación de las bacterias escherichia coli UFC/100 ml a 44.5°C durante 24 horas



**Figura 52.** Incubación de las bacterias coliformes termotolerantes o fecales UFC/100 ml a 44.5°C durante 24 horas



**Figura 53.** Incubación de las bacterias coliformes totales UFC/100 ml a 35°C



**Figura 54.** Incubación de las bacterias Heterotróficas UFC/100 ml a 35°C



**Figura 55.** Lectura de las bacterias coliformes termotolerantes o fecales UFC/100 ml a 44.5°C



**Figura 56.** Lectura de las bacterias escherichia coli UFC/100 ml a 44.5°C



**Figura 57.** Lectura de las bacterias coliformes totales UFC/100 ml a 35°C



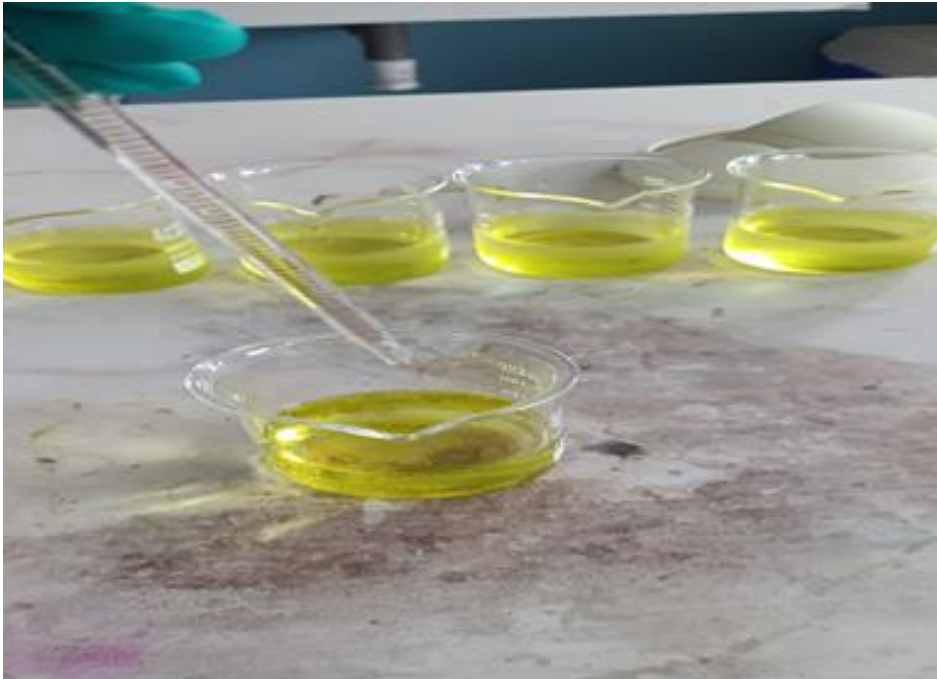
**Figura 58.** Lectura de las bacterias Heterotróficas UFC/100 ml a 35°C



**Figura 59.** Dureza antes de ser titulada



**Figura 60.** Dureza después de la Titulación y el conteo de gotas



**Figura 61.** Cloruro después de haberse echado el reactivo justo antes de ser titulada



**Figura 62.** Cloruro Titulado



**Figura 63.** Medición de sulfato en las muestras



**Figura 63.** Medición de cobre en el Dr900



**Figura 65.** Medición de Nitrato en el agua



**Figura 66.** Medición de Hierro en el Dr900



**Figura 67.** Medición del Manganeso en el Dr900



**Figura 68.** Determinación de aluminio en las muestras de agua



**Figura 69.** Determinando zinc en las muestras de agua



**Figura 70.** Determinando arsénico en las muestras de agua



**Figura 71.** Determinación de cloro residual en la zona de muestreo



**Figura 72.** Apoyo en las actividades de limpieza y desinfección de los reservorios.



**Figura 73.** Supervisión de la RED DE SALUD a la JASS Picuroyacu.