

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

TESIS:

CALIDAD DEL AGUA PRE Y POST TRATADA DE LAS PLANTAS DE AGUA POTABLE EL MILAGRO Y SANTA APOLONIA DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Presentada por:

M.Cs. CÉSAR GUEVARA HOYOS

Asesora:

Dra. CONSUELO BELANIA PLASENCIA ALVARADO

Cajamarca, Perú

2023

COPYRIGHT © 2023 by
CÉSAR GUEVARA HOYOS
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

TESIS APROBADA:

CALIDAD DEL AGUA PRE Y POST TRATADA DE LAS PLANTAS DE AGUA POTABLE EL MILAGRO Y SANTA APOLONIA DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Presentada por:

M.Cs. CÉSAR GUEVARA HOYOS

JURADO EVALUADOR

Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado
Asesora

Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal
Jurado Evaluador

Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo
Jurado Evaluador

Dr. José Armando Padilla Sobrados
Jurado Evaluador

Cajamarca, Perú

2023



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Siendo las ...17... horas del día 01 de febrero del año dos mil veintitrés, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. JUAN EDMUNDO CHAVEZ RABANAL, Dr. NILTON EDUARDO DEZA ARROYO, Dr. JOSE ARMANDO PADILLA SOBRADOS** y en calidad de Asesora, la **Dra. CONSUELO BELANIA PLASENCIA ALVARADO**; Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **“CALIDAD DEL AGUA PRE Y POST TRATADA EN LAS PLANTAS DE AGUA POTABLE EL MILAGRO Y SANTA APOLONIA DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA”**. Presentado por el **Maestro en Ciencias Mención Administración, CÉSAR GUEVARA HOYOS**

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBAR POR UNANIMIDAD con la calificación de DIECIOCHO (18) la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Maestro en Ciencias Mención Administración, CÉSAR GUEVARA HOYOS**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención: **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**.

Siendo las 18:30 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....
Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado
Asesor

.....
Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal
Presidente-Jurado Evaluador

.....
Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo
Jurado Evaluador

.....
Dr. José Armando Padilla Sobrados
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A mi Esposa María Carmela Dávila Estela, por su valioso apoyo, durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

A mis hijos Deysi Margot, César Augusto, Jorge Luis y José Manuel, por ser la esperanza y el éxito de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A la Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado, asesora de tesis, por su asesoramiento y apoyo en la ejecución del presente trabajo de investigación; así mismo, mi sincero agradecimiento a los miembros del jurado evaluador: Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal, Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo y al Dr. José Armando Padilla Sobrados, por sus aportes importantes a la presente tesis.

A los docentes del doctorado en Gestión Ambiental y Recursos Naturales de la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional de Cajamarca, por sus sabias enseñanzas y contribución durante mi formación doctoral.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes de la investigación	3
2.2. Bases teóricas	6
2.2.1. Calidad de agua para consumo humano.....	6
2.2.2. Tratamiento de Agua	18
2.2.3. Agua Potable	18
2.3. Definición de términos básicos.....	20
2.4. Base Legal	21
2.4.1. Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano.....	21
2.4.2. Estándares de Calidad Ambiental para agua	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Ubicación del área de estudio	23
3.2. Materiales y equipos.....	29
3.2.1. Materiales y equipos de campo	29
3.2.2. Materiales y equipos de gabinete	30

3.3. Metodología	31
3.3.1. Fase de campo	31
3.3.2. Fase de laboratorio	37
3.3.3. Fase de gabinete	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. Resultados y discusión del análisis de agua pre tratada	39
4.2. Resultados y discusión del análisis de agua post tratada.....	46
4.3. Resultado y discusión del análisis bacteriológico del agua post tratada	52
4.4. Resultado y discusión del análisis de cloro residual de agua post tratada....	54
4.5. Análisis mediante el Método de Wilcoxon. Indicador de confianza	55
4.6. Análisis de la eficiencia de las plantas de tratamiento de agua potable	57
V. CONCLUSIONES.....	59
VI. PROPUESTA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUA	60
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	63
VIII. ANEXOS	66
8.1. Límites Máximos Permisibles (LMP), D.S. 031-2010-SA	66
8.2. Estándares de Calidad Ambiental (ECA), D.S. 004-2017-MINAM	68
8.3. Resultados del análisis de agua pre y post tratada, Muestreo 1.....	70
8.4. Resultados del análisis de agua pre y post tratada, Muestreo 2.....	74
8.5. Resultados del análisis de agua pre y post tratada, Muestreo 3.....	78
8.6. Panel Fotográfico	82

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo: Determinar la calidad del agua pre y post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia de la ciudad de Cajamarca. Se tomó muestras de agua en 7 puntos, con 3 repeticiones, en época de estiaje y época de lluvia; las muestras se analizaron en el Laboratorio Regional del Agua, del Gobierno Regional de Cajamarca. Los resultados para el agua pre tratada de los ríos Grande, Porcón y Ronquillo fueron: en promedio 49,42 UNT para la turbiedad; pH 7,03; aluminio 3,27 mg/L; los metales pesados (Arsénico, Cadmio, Cromo, Plomo y Mercurio) fueron no significativos, se encuentran dentro del rango establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM. Para el agua post tratada de las plantas de agua potable EL Milagro y Santa Apolonia, fueron no significativos para: turbiedad, pH, dureza, cianuro, y los metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, plomo y mercurio), están dentro de lo normado por el D.S. N° 031-2010-SA. Para *Escherichia coli*, el promedio fue de 0,37 NMP/100 mL; para cloro residual de 0,39 mg/L, no cumplen con el LMP establecido. Según el método estadístico de Wilcoxon, el Indicador de confianza es del 100%, para la calidad de agua pre tratada de los ríos Grande, Porcón y Ronquillo cumplen con los ECA. Para la Calidad de agua post tratada de la Planta el Milagro y Santa Apolonia, el Indicador de confianza fue 81,82%, encontrándose por debajo de 90%, no cumple con el D.S. N° 031-2010-SA., cuyo tratamiento es deficiente.

Palabras clave: Calidad agua, cruda, tratada, plantas tratamiento, Cajamarca.

ABSTRACT

The objective of this investigation was to: Determine the quality of pre- and post-treated water from the El Milagro and Santa Apolonia tap water facilities in the city of Cajamarca. Water samples were taken at 7 points, with 3 repetitions, in the dry season and the rainy season; the samples were analyzed in the Regional Water Laboratory, of the Regional Government of Cajamarca. The results for the pre-treated water from the Grande, Porcón and Ronquillo rivers were: on average 49.42 TNU for turbidity; pH 7.03; aluminum 3.27 mg/L; heavy metals (Arsenic, Cadmium, Chromium, Lead and Mercury) were not significant, they are within the range established in the D.S. No. 004-2017-MINAM. For post-treated water from the EL Milagro and Santa Apolonia facilities, they were not significant for: turbidity, pH, hardness, cyanide, and heavy metals (arsenic, cadmium, chromium, lead, and mercury), are within of what is regulated by the D.S. No. 031-2010-SA. For *Escherichia coli*, the average was 0.37 MPN/100 mL; for residual chlorine of 0.39 mg/L, it does not comply with the established MPL. According to the Wilcoxon statistical method, the confidence indicator is 100%, for the quality of pre-treated water from the Grande, Porcón and Ronquillo rivers, it complies with the AQS. For the quality of post-treated water from the El Milagro and Santa Apolonia facilities, the confidence indicator was 81.82%, being below 90%, it does not comply with the D.S. N° 031-2010-SA., whose treatment is deficient

Keywords: Water quality, raw, treated, treatment plants, Cajamarca.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el recurso hídrico se ha constituido en una preocupación de la humanidad, a tal punto que su conservación y protección es causa de una serie de conflictos sociales, siendo de gran interés la calidad del agua potable, por su influencia directa en la salud pública; teniendo como principales factores de riesgo, los agentes infecciosos y las sustancias químicas tóxicas, que contaminan los cuerpos de agua (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Para tratar adecuadamente el agua para consumo humano, se requiere un tratamiento previo adecuado, y así reducir la carga orgánica entrante, así como una cloración eficiente del sistema de agua potable; frecuente seguimiento y mantenimiento del sistema de la planta de tratamiento. Por lo tanto, las estrategias de las plantas de tratamiento deben desarrollarse desde la fuente hasta los grifos domésticos para llevar agua segura para reducir los riesgos a la salud humana (Belay, D. et al., 2021).

En el Perú, la calidad del agua post tratada es influenciada por la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento (agua pre tratada), en su mayoría, debido a las actividades antropogénicas, están expuestas a los factores de riesgo, como metales pesados, y agentes contaminantes; además de las deficiencias en los procesos de tratamiento de agua e infraestructura sanitaria, para brindar servicios de agua potable y saneamiento, los que deben ser de calidad, seguros y sostenibles (Villena, 2018).

En Cajamarca, las actividades antrópicas, afectan la calidad de agua; asimismo no se han desarrollado planes adecuados para contrarrestar los impactos negativos, lo que ha originado conflictos socio ambientales, debido a que el usuario asume que no se cumple

con la calidad del agua para consumo humano. Por lo que es muy importante realizar investigación sobre la calidad del agua pre y post tratada, por lo que se formuló el problema ¿Cuál es la calidad del agua pre y post tratada en las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia de la ciudad de Cajamarca?

El objetivo general fue: Determinar la calidad del agua pre y post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia de la ciudad de Cajamarca; y como objetivos específicos:

1. Determinar la turbidez, el pH, dureza, aluminio, cianuro y metales pesados (Arsénico, Cadmio, Cromo, Plomo y Mercurio), del agua pre y post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia de la ciudad de Cajamarca.
2. Evaluar la concentración de *Escherichia coli* del agua post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia de la ciudad de Cajamarca.
3. Evaluar la concentración de cloro residual del agua post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia de la ciudad de Cajamarca.
4. Comparar los resultados de calidad de agua pre tratada con los ECA para agua, D.S. N° 004 – 2017 – MINAM.
5. Comparar la calidad de agua post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia con los LMP establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua, D.S. N° 031-2010-SA.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Lucas, V. (2019), investigó la “Calidad del agua de suministro y salud humana en la microcuenca del río Carrizal. Factibilidad de un prototipo de potabilización”, Ecuador, determinó que, en las comunidades Balsa en Medio, Julián y Severino, en el 2016 se detectaron 48 casos de disentería amebiana, 44 de shigelosis, 78 de diarreas, 9 casos de infecciones por *Campylobacter ssp.*, 41 de dermatosis, 39 casos de enfermedades respiratorias y 43 afecciones diversas asociadas al contacto e ingesta de agua contaminada; en el análisis microbiológico, la localidad de Balsa en Medio, tiene mayores riesgos sanitarios, luego la localidad de Severino, y el menor riesgo en la localidad de Julián. Según los criterios ICA- NSF, clasificó como “aguas poco contaminadas”, y las aguas de Severino, se clasifican como “aguas contaminadas”. La turbidez (7,33 NTU), DBO5, fosfatos, cloruros, plomo (1,00 para localidad Severino y 1,01 localidad de Julián) y cromo, excedieron los límites permisibles para el consumo, no cumplen con las normas establecidas.

Espitia, N. (2019), analizó la calidad de agua potable con relación a sus parámetros fisicoquímicos, biológicos, y crecimiento de *Lemna minor* en la estancia de Lurín, Lima 2015-2016, concluye que del total de muestras analizadas para identificar presencia de coliformes totales un 25% superaron los LMP en agua potable. De acuerdo a la norma peruana de DIGESA el 90% de las muestras no debería contener Coliformes Totales, por cuanto el 25% hallado supera al 10% máximo permitido, lo cual hace a esta agua inapta para el consumo. La cloración residual fue deficiente (en el Sector 2, se encontró 0,3625 mg/L de cloro residual, valor fuera de rango aceptado), por lo que se considera el agua de

la Urbanización inadecuadamente clorada, siendo poco apta, lo que acarrearía potencialmente problemas de salud, ya sea por exceso o deficiencia de cloro. Se observa claramente de acuerdo con los análisis que el 50% de las muestras se hallan por fuera del rango de LMP. De acuerdo al Artículo 66° de la norma DIGESA (2011), al control de desinfectante (cloro libre residual): “las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de 0,5 mgL⁻¹ de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0,3 mg/L.

Flores, H. (2019), realizó el trabajo de investigación “Evaluación físico, químico y microbiológico de las aguas del río Nanay a orillas de la comunidad de Nina Rumi”, Iquitos, de acuerdo a los resultados de los análisis microbiológicos, concluye que, los Coliformes totales antes del desagüe (1200-1270 NMP/mL), salida del desagüe (1540-1560 NMP/mL), después del desagüe (1300-1370 NMP/mL), estos valores se encuentran fuera de los ECA del DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM y los LMP del ministerio de salud de Perú; por lo tanto la población de Nina Rumi consume agua no apta, por encontrarse altamente contaminada con coliformes totales y fecales.

Vicuña, F. (2016), evaluó la calidad del agua potable del sistema de abastecimiento y el grado de satisfacción en la población de Olleros Huaráz, periodo 2015-2016, determinó la calidad del agua y su relación con el grado de satisfacción de la población. Se ubicaron cinco puntos de muestreo en la captación y en las conexiones domiciliarias, muestreando en época de lluvias y en estiaje. Se analizaron 27 parámetros entre físicos, químicos y microbiológicos, de acuerdo con los métodos normalizados (APHA-AWWA-WEF, 2012). Comparando los resultados con los LMP (DS. N° 031-2010-SA), determinó que es apta para el consumo humano, previa desinfección, ya que se encontró 0,25 mg/L de cloro residual libre. En cuanto al grado de satisfacción por la población de Olleros,

mediante encuestas de opinión a 30 familias, se determinó un alto grado de satisfacción tanto a la calidad como al servicio de abastecimiento del agua.

Angulo, K. (2019), evaluó los parámetros de control obligatorio de los sistemas de agua potable de la zona urbana y rural del distrito de San Juan – Cajamarca 2018”, concluyó que en los parámetros de coliformes totales en zona urbana de encontró en promedio 17 UFC y coliformes fecales en promedio 1,5 UFC, no cumple con los parámetros de control obligatorio para agua potable DS N°031-2010-SA, así mismo se encontró que el cloro residual fue de 0,20 mg/L, valor que está por debajo del límite mínimo establecido.

Flores, J. (2018), realizó la Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca. Los resultados obtenidos después de la evaluación fisicoquímica y bacteriológica, los cuales se encontraron desde 7 hasta 70 NMP/100 mL, indicando que en el caso de las muestras de aguas sin ebullición de la zona de Ajoscancha Baja, los coliformes totales en marzo, el hierro y los nitratos en diciembre y los fosfatos en los meses de muestreo superaron los ECAs; mientras que en la zona San Martín sólo los nitratos en diciembre y los fosfatos en los meses de muestreo superaron los ECAs; para el caso de las muestras de aguas con ebullición, tanto en la zona de Ajoscancha Baja y San Martín, los fosfatos en marzo y junio, los nitratos en los meses de muestreo y el hierro en diciembre superaron los ECAs. Asimismo, según la OMS las aguas subterráneas de ambas zonas, con y sin ebullición, son aguas muy duras, esto hace que el consumo de dichas aguas constituya un factor de riesgo para los consumidores de estas aguas; y, según la evaluación, las aguas subterráneas de ambas zonas, se encuentran dentro de las subcategorías A2 y A3 de los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Calidad de agua para consumo humano.

La Organización Mundial de la Salud - OMS (2018), define la calidad de agua como: adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal, el agua debe estar libre de organismos patógenos, sustancias químicas, impurezas y cualquier tipo de contaminación que cause problemas a la salud humana.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), publicó cuatro ediciones de las Guías para la calidad del agua potable (1983-1984, 1993-1997, 2004 y 2011), como sucesoras de las Normas internacionales para el agua potable, de la OMS, actualizadas por científicos, mediante un proceso de revisión continua. En el 2018, en su cuarta edición, incluye la Unidad de Seguridad de las Sustancias Químicas y la Unidad de Evaluación y Gestión del Riesgo, la cual contribuye en los temas sobre peligros químicos y contaminación del agua para consumo humano (OMS, 2018).

En nuestro país, la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), Ministerio de Salud, en el año 2011, aprueba el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, mediante Decreto Supremo N° 031-2010-SA, donde se establecen los límites máximos permisibles (LMP), para los parámetros microbiológicos, calidad organoléptica, químicos inorgánicos y orgánicos; parámetros para la evaluación de la calidad del agua potable a nivel nacional (DIGESA, 2011).

DIGESA (2011), Límites máximos permisibles para el agua (LMP): es la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que en exceso causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Para la evaluación y monitoreo de la calidad de agua para consumo humano, se ha establecido límites máximos permisibles (Tabla 1 del Anexo).

- **Límite máximo permisible:** Valores máximos permitidos de los parámetros representativos de la calidad del agua (DIGESA, 2011).
- **Parámetros microbiológicos:** Indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano, analizados en el agua para consumo humano (DIGESA, 2011).
- **Parámetros organolépticos:** Parámetros físicos, químicos y microbiológicos, percibidos por el consumidor mediante su percepción sensorial.

Del total de las muestras tomadas en la red de distribución, en cada monitoreo, los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo humano, el noventa por ciento (90%) no deben exceder a los valores establecidos en el Anexo II del presente Reglamento. Se debe evaluar en el diez por ciento (10%) restante, las causas del incumplimiento y tomar medidas para el cumplimiento de Reglamento (DIGESA, 2011).

- **Parámetros inorgánicos:** Compuestos formados por distintos elementos, que no poseen enlaces carbono-hidrógeno analizados en el agua.

El agua para el consumo humano, no debe exceder a los valores o LMP para los parámetros inorgánicos y orgánicos establecidos en el Reglamento de Calidad de agua (DIGESA, 2011).

- **Parámetros microbiológicos:**

Las bacterias del grupo de los coliformes totales, que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes. *Escherichia coli*, se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima β -glucuronidasa.

E. coli está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal. *Escherichia coli* y enterococos, son los indicadores de contaminación fecal que más se utilizan (OMS, 2018).

Coliformes totales. Son bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 °C, produciendo ácido y gas (CO₂) en un plazo de 24 a 48 h. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la α -galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano (APHA, AWWA, WEF (2017)).

Coliformes termo tolerantes.

Son bacterias Gram negativas igual que los coliformes totales, la diferencia radica que los tolerantes tienen la capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Su presencia en el agua es indicador de contaminación fecal (APHA, AWWA, WEF (2017)).

Los coliformes termo tolerantes (CTE), soportan temperaturas hasta de 45 °C, comprenden un número muy reducido de microorganismos. Representados por *Escherichia coli*, en forma menos frecuente, pueden encontrar *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Por esto algunos autores plantean que los coliformes fecales, comúnmente utilizado, debe ser sustituido por coliformes termo tolerantes. Los coliformes termo tolerantes, tienen un intervalo de temperatura óptima de crecimiento muy amplio (hasta 45 °C) y son mejores indicadores de higiene en alimentos y agua. Su presencia, indica la existencia de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen coliformes termo tolerantes en el microbiota intestinal, siendo *Escherichia coli* la más representativa, con un 90-100 % (Larea, J., et al, 2013).

Escherichia coli

Escherichia coli, es miembro de la familia Enterobacteriaceae. Es una bacteria Gram negativa, anaerobia facultativa que forma parte del microbiota normal del intestino del ser humano y los animales homeotermos, siendo la más abundante de las bacterias anaerobias facultativas intestinales. Se excreta diariamente con las heces (entre 10⁸-10⁹ Unidades Formadoras de Colonias (UFC) g/L de heces) y por sus características, es uno de los indicadores de contaminación fecal más utilizados últimamente (Larea, J., et al, 2013).

Valor como indicador. Se considera que *Escherichia coli*, es el indicador de contaminación fecal más adecuado. En la mayoría de las circunstancias, las poblaciones de coliformes termotolerantes se componen predominantemente de *E. coli*; por lo tanto, este grupo se considera un indicador de contaminación fecal aceptable. *Escherichia coli* (o bien los coliformes termotolerantes) es el microorganismo de elección en los programas de monitoreo para la verificación la calidad del agua de consumo humano, también se utilizan como indicadores de la desinfección (OMS, 2018).

Métodos analíticos La concentración de *Escherichia coli* (o bien de coliformes termotolerantes) se mide, por lo general, en muestras de 100 ml de agua. Para ello, existen diversos procedimientos relativamente sencillos basados en la producción de ácido y gas a partir de la lactosa o en la producción de la enzima β -glucuronidasa. Los procedimientos incluyen la filtración del agua con una membrana, seguida de la incubación de la membrana en medios selectivos a 44-45 °C y el recuento de colonias después de 24 horas. Otros métodos son los procedimientos del número más probable, en los que se utilizan tubos de ensayo o placas de microtitulación y pruebas de presencia o ausencia, además existen equipos de análisis de campo (OMS, 2018).

Técnica del número más probable (NMP): En esta técnica los resultados de la fermentación en tubos múltiples se expresan en términos de número más probable (NMP) de microorganismos existentes. El método del NMP por tubos múltiples se fundamenta en un modelo de cálculo de probabilidades. De acuerdo con la alternativa de siembra elegida, se selecciona la tabla de NMP correspondiente para obtener los recuentos de coliformes (APHA, AWWA, WEF (2017)).

➤ **Parámetros organolépticos:**

Turbiedad

La turbidez, se expresa en unidades nefelométricas de turbidez (UNT), se refiere a la pérdida de claridad del agua, por la presencia de partículas en suspensión (arcilla y sedimentos), precipitados químicos (manganeso y hierro), partículas orgánicas (desechos vegetales) y organismos. Se debe a la mala calidad del agua de la fuente, el tratamiento deficiente y, en los sistemas de distribución, por la alteración de sedimentos y biopelículas o el ingreso de agua turbia, debido a roturas de tuberías principales y otras fallas. En niveles elevados, la turbidez puede producir manchas en los materiales, accesorios y ropa expuestos durante el lavado, además interfiere en la eficacia de los procesos de tratamiento (OMS, 2018).

El incremento de turbidez reduce la claridad del agua al limitar la transmisión de la luz. Por debajo de 4 UNT, la turbidez se puede detectar solo con instrumentos, pero con 4 UNT o más, puede verse una suspensión de color blanco lechoso, barroso, rojo-marrón o negra. La turbidez visible reduce la aceptabilidad del agua potable. Si bien la mayoría de las partículas que contribuyen a la turbidez no tienen importancia para la salud (aunque pueden indicar la presencia de contaminantes químicos y microbianos peligrosos),

muchos consumidores asocian la turbidez con la seguridad y consideran que el agua turbia no es segura para beber (OMS, 2018).

Sabor y olor:

Debe darse una prioridad máxima al suministro de agua de consumo humano que, además de ser inocua, tenga apariencia, sabor y olor aceptables, para no generar desconfianza de los consumidores, si bien no se han establecido valores de referencia para los componentes que afectan la calidad del agua, pero que son capaces de percibir con sus propios sentidos, como partículas que afectan la transparencia del agua, o que tiene un sabor u olor desagradable. La concentración de estos componentes que resulta desagradable para los consumidores es variable, y depende de factores locales e individuales, y diversas consideraciones de carácter social, ambiental y cultural. El sabor y el olor pueden tener su origen en contaminantes químicos naturales, orgánicos e inorgánicos, y de fuentes o procesos biológicos, sustancias químicas sintéticas, o pueden ser el resultado de la corrosión o del tratamiento del agua. El sabor y el olor también pueden desarrollarse durante el almacenamiento y la distribución como resultado de la actividad microbiana. Los sabores u olores en el agua de uso y consumo humano pueden revelar la existencia de algún tipo de contaminación, o el funcionamiento deficiente de algún proceso durante el tratamiento o distribución del agua. El color, la turbiedad, el material particulado y los organismos visibles también pueden ser observados por los consumidores y pueden generar preocupación respecto a la calidad y aceptabilidad de un sistema de abastecimiento de agua de uso y consumo humano (OMS, 2018).

Dureza:

La dureza en el agua se produce por una variedad de iones metálicos polivalentes disueltos, predominantemente cationes de calcio y magnesio. Por lo general, se expresa en miligramos de carbonato de calcio por litro. La aceptabilidad por parte de la población

del grado de dureza del agua puede variar considerablemente de una comunidad a otra. El valor normal del calcio está entre 100 y 300 mg/L, pero en algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 500 mg/L (OMS, 2018).

Una dureza mayor a 200 mg/L, en interacción con el pH y la alcalinidad, provocan la formación de incrustaciones en las instalaciones, en las tuberías del sistema de distribución. Así mismo el consumo excesivo de jabón y la formación de restos insolubles de jabón. Al calentar, las aguas duras, forman precipitados de carbonato de calcio. Por otra parte, las aguas blandas, con una dureza menor a 100 mg/l, tienen una baja capacidad de amortiguación del pH, por tanto, más corrosivas para las tuberías de agua (OMS, 2018).

El pH

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución, indica la concentración de iones hidronio $[H_3O]^+$ presentes en determinadas disoluciones. En disolución acuosa, la escala de pH varía de 0 a 14. Son ácidas las disoluciones con pH menores que 7 y alcalinas con pH superiores a 7. Si el disolvente es agua, el $pH = 7$ indica neutralidad de la disolución. El pH es una medición muy importante del agua, los valores y cambios del pH pueden indicar problemas de contaminación en el agua de los ríos y lagos, no solamente el pH afecta a los organismos vivos que viven en el agua, sino que el cambio en el pH puede también ser un indicador del aumento en la contaminación o algún otro factor ambiental (OMS, 2018).

El pH, es uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua. Se debe tener mucho cuidado con el control del pH en el tratamiento del agua, garantizando su clarificación y desinfección, el pH debe ser menor a 8, para una desinfección eficaz con cloro. Al controlar la alcalinidad y el exceso de calcio, contribuye a la estabilidad del agua y a controlar su capacidad corrosiva de tuberías. El pH óptimo requerido variara en distintos sistemas de abastecimiento de acuerdo con la composición del agua y la

naturaleza de los materiales empleados en el sistema de distribución, pero suele oscilar entre 6,5 y 8 (OMS, 2018).

Aluminio

El aluminio es el elemento metálico, más abundante y constituye alrededor del 8% de la corteza terrestre. Las sales de aluminio se utilizan ampliamente en el tratamiento del agua como coagulantes para clarificar, reducir la turbiedad, el contenido de materia orgánica y el nivel de microorganismos, este uso puede incrementar la concentración de aluminio en el agua tratada; una concentración residual alta puede conferir al agua color y turbiedad no deseables. Las fuentes más comunes de aluminio en el agua de uso y consumo humano son el aluminio de origen natural y las sales de aluminio utilizadas como coagulantes en el tratamiento del agua, la presencia de aluminio en concentraciones mayores a 0.1– 0.2 mg/L suele ocasionar quejas de los consumidores como consecuencia de la precipitación del floculo de hidróxido de aluminio en los sistemas de distribución y el aumento de la coloración del agua por el hierro. Por lo tanto, es importante optimizar los procesos de tratamiento con el fin de minimizar la presencia de residuos de aluminio en el sistema de distribución (OMS, 2018).

Parámetros químicos inorgánicos:

La mayoría de las sustancias químicas presentes en el agua de consumo humano son potencialmente peligrosas para la salud solo después de una exposición prolongada (durante años). Se ha demostrado que cierto número de contaminantes químicos causan efectos adversos sobre la salud de las personas como consecuencia de una exposición prolongada al agua de consumo humano. No obstante, se trata solo de una proporción muy pequeña de las sustancias químicas que pueden estar presentes en el agua de consumo humano procedentes de diversas fuentes. Ciertas sustancias consideradas peligrosas para la salud afectan la aceptabilidad del agua de consumo humano de modo

que, por lo general, pueden conllevar al rechazo del agua a concentraciones bastante menores que las consideradas peligrosas para la salud. Para decidir sobre la intervención que se requiere cuando se encuentran problemas y en algunos casos, tranquilizar a las autoridades de salud y a los consumidores respecto a los posibles riesgos para la salud; los reguladores deben establecer metas de protección de la salud que deben cumplirse a través de los planes de seguridad del agua, generalmente una norma nacional que exprese una concentración máxima permisible (OMS, 2018).

Entre los principales parámetros químicos inorgánicos o metales tenemos:

Arsénico

El arsénico está presente de forma natural en muchas formaciones geológicas alrededor del mundo y se ha descubierto que es una fuente importante de contaminación de las aguas subterráneas, representa una grave amenaza para la salud, el bienestar económico y social, particularmente en países subdesarrollados. Una visión global de la contaminación por arsénico de las aguas subterráneas alrededor entonces se discute el mundo y se brinda una perspectiva sobre los impactos en la salud, la agricultura, la sociedad y la economía; se han desarrollado estrategias para remediar la contaminación por arsénico. Además, los sistemas de filtrado desarrollados con éxito para la eliminación doméstica de arsénico de las aguas subterráneas, para proporcionar el agua potable necesaria para el consumo humano. Por último, importantes consideraciones para mejorar aún más el rendimiento y la eficacia de estos sistemas de filtro, para tratamiento de agua para usos domésticos (Adeloju, S. et al, 2021).

El arsénico se encuentra en la dieta, particularmente en peces y mariscos, en los que se encuentra en la forma orgánica menos toxica. Solo hay datos limitados sobre la proporción de arsénico inorgánico en los alimentos, pero estos indican que aproximadamente el 25% está presente en la forma inorgánica, dependiendo del tipo de

alimento. Aparte de la exposición ocupacional, las vías de exposición más importantes son a través de los alimentos y el agua de consumo humano, incluidas las bebidas preparadas con agua de consumo humano. Cuando la concentración de arsénico en el agua de consumo humano es de 10 µ/L o más, esta será la principal fuente de ingesta (OMS, 2018).

Cadmio. Metal utilizado en la industria del acero, plásticos y en pilas eléctricas, es liberado al ambiente en las aguas residuales; los fertilizantes y la contaminación aérea local producen contaminación difusa. Así mismo, las impurezas provenientes de las soldaduras, que contienen cadmio, las tuberías galvanizadas y algunos accesorios metálicos de gasfitería, contaminan el agua de consumo humano. La principal fuente de exposición diaria al cadmio son los alimentos, la ingesta oral diaria es de 10 a 35 µg. También el tabaco es una fuente significativa de exposición al cadmio (OMS, 2018).

Cromo.

Generalmente, no se considera un riesgo para la salud, se trata de un elemento esencial para el ser humano (Cr III), pero en altas concentraciones resulta tóxico. Los compuestos de cromo (VI) son tóxicos si son ingeridos, siendo la dosis letal de unos pocos gramos. En niveles no letales, el Cr (VI) es carcinógeno. La mayoría de los compuestos de cromo (VI) irritan los ojos, la piel y las mucosas. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda una concentración máxima de 0,05 mg/litro de cromo (VI) en el agua de consumo (OMS, 2018).

Plomo

El plomo se utiliza principalmente en la producción de baterías de plomo ácido, en la soldadura y en aleaciones; los compuestos orgánicos tetraetilo y tetrametilo también se han utilizado ampliamente como agentes anticongelantes y lubricantes en la gasolina, aunque su uso para estos fines ha sido eliminado ampliamente en muchos países. Debido

a la disminución del uso de aditivos que contienen plomo en la gasolina y de soldaduras que contienen plomo en la industria alimentaria, las concentraciones en el aire y los alimentos están disminuyendo; en la mayoría de los países, los niveles de plomo en la sangre también están disminuyendo a menos que haya fuentes específicas, tales como el polvo de pintura o el reciclaje ocupacional o doméstico de materiales que contienen plomo. El plomo rara vez está presente en el agua del grifo como resultado de su disolución de fuentes naturales; su presencia se debe principalmente a los efectos del agua corrosiva en sistemas domiciliarios que usan tuberías, soldaduras o accesorios que contienen plomo (incluidos accesorios con aleaciones que tienen alto contenido de plomo) o en las conexiones de servicio a los hogares. La cantidad de plomo disuelto en el sistema de plomería está asociado a varios factores, como: el pH, la temperatura, la alcalinidad, la extensión de las tuberías y el tiempo de permanencia del agua; las aguas blandas y ácidas son las que disuelven más plomo (OMS,2018).

Mercurio

El mercurio se utiliza en la industria electrolítica de cloro, en electrodomésticos, en amalgamas dentales y como materia prima en diversos compuestos de mercurio. El mercurio inorgánico se metila en agua dulce y en agua de mar, considerándose que el mercurio como Hg^{2+} , no genera riesgo directo de consumo de compuestos orgánicos de mercurio, por la ingestión de agua de consumo humano, existiendo la posibilidad de que el metilmercurio se transforme en mercurio inorgánico, el que sí es peligroso.

Los efectos tóxicos de los compuestos inorgánicos del mercurio se observan principalmente en los riñones, tanto en personas como en animales de laboratorio, tras exposiciones breves o prolongadas. En el ser humano, la toxicidad aguda por la vía oral produce principalmente gastritis hemorrágica y colitis, aunque el daño principal se produce en los riñones. El conjunto de pruebas indica que el cloruro de mercurio (II)

puede aumentar la incidencia de algunos tumores benignos en los tejidos afectados y que posee una actividad genotóxica débil, pero no causa mutaciones puntuales (OMS, 2018).

Cianuro

El cianuro se encuentra en algunos alimentos, particularmente en países en desarrollo, y ocasionalmente en el agua de consumo humano, pero usualmente en muy bajas concentraciones. Sin embargo, cuando se producen grandes derrames de cianuro, asociados con la industria, pueden dar lugar a concentraciones muy altas en fuentes de agua de consumo humano, especialmente en aguas superficiales. Se llama cianuro, al cianuro de hidrógeno o ácido cianhídrico (HCN) y a sus sales, y no solo al compuesto raíz cianuro, $-C\equiv N$, que da origen a la denominación. Los cianuros existen en forma natural e industrialmente se les obtiene como sales. Aún a dosis bajas son compuestos letales en tiempo mínimo de exposición; luego de la ingestión, inhalación o contacto, se presentan efectos neurotóxicos graves y mortales en humanos y animales. (Ramírez, 2010).

El cianuro es altamente tóxico, existe la necesidad de orientación respecto a las concentraciones que no serían motivo de preocupación para la salud pública, después de la exposición de corto plazo al cianuro. Sin embargo, debido a que es poco probable que el cianuro esté presente en el agua de consumo humano, en concentraciones que representen una preocupación para la salud, se considera innecesario establecer un valor de referencia formal para la exposición de corto plazo al cianuro (OMS, 2018).

2.2.2. Tratamiento de agua

La recolección, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua de consumo humano conllevan la adición deliberada de numerosas sustancias químicas para mejorar la inocuidad y calidad para los consumidores del agua de consumo humano tratada (aditivos directos). Además, el agua está en contacto permanente con tuberías, válvulas, grifos y superficies de depósitos, todos los cuales pueden aportar más sustancias químicas al agua (aditivos indirectos) (OMS, 2018).

Agua cruda. Es el agua tal como se encuentra en las fuentes, en estado natural, sin tratamiento, por lo cual no se la considera potable ni apta para el consumo humano. Se encuentran como fuentes y reservas naturales de aguas superficiales y subterráneas, entre ellos los ríos, arroyos, lagos, lagunas y acuíferos, que el hombre usa como materia prima para abastecerse (DIGESA, 2011).

Agua tratada: Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano (DIGESA, 2011).

Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano: Es el conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas de un sistema de abastecimiento de agua potable, accionados por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios, desde la captación hasta el suministro del agua, mediante conexión domiciliaria, para un abastecimiento convencional cuyos componentes cumplan las normas de diseño del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (DIGESA, 2011).

2.2.3. Agua Potable.

Para ser potable, antes debe ser sometida a procesos que la purifican y le quitan las sustancias que pueden ser perjudiciales para nuestra salud. Por definición, es el agua apta para el consumo humano, y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal. Esto significa que puede beberse sin riesgos, porque no produce problemas de salud (DIGESA, 2011).

Procesos de potabilización de agua para consumo humano: Componentes hidráulicos; con unidades para procesos físicos, químicos y biológicos; con equipos electromecánicos, y métodos de control con la finalidad de producir agua potable, apta para consumo humano.

El tratamiento de las aguas se realiza mediante una serie de procesos encadenados que dependen de las características del agua a tratar. La secuencia más habitual del mismo es la siguiente:

- **Pre oxidación:** Introducción en el agua de un agente químico oxidante, capaz de eliminar cualquier materia que pueda oxidarse, tanto orgánica como inorgánica.
- **Coagulación y floculación:** Mediante este proceso, se facilita la agrupación de las partículas responsables del color y la turbidez del agua.
- **Decantación:** Con el agua casi en reposo y a través de la acción de la gravedad, se depositan en el fondo las partículas y agrupaciones formadas en el proceso anterior, formando un fango que se extrae posteriormente.
- **Filtración:** Retención de las partículas que no pudieron ser extraídas en el proceso anterior haciendo pasar el agua por unos filtros.
- **Neutralización:** Ajuste de la acidez del agua mediante reactivos químicos para evitar que corra las tuberías.

- **Desinfección final:** Con la adición de reactivos, normalmente cloro y amoníaco para formar cloraminas, se consigue eliminar los microorganismos que hayan podido sobrevivir a los procesos anteriores y se garantiza la calidad del agua durante todo el recorrido por la red de distribución.

Para la desinfección eficaz, debe haber una concentración residual de cloro libre de ≥ 0.5 mg/L tras un tiempo de contacto de al menos 30 minutos a un pH < 8.0 . Se debe mantener una concentración residual de cloro a lo largo del sistema de distribución (OMS, 2018).

2.3. Definición de términos básicos.

- **Agua cruda:** Agua, en estado natural, usada como fuente de abastecimiento, que no ha sido sometido a procesos de tratamiento (DIGESA, 2011).
- **Agua tratada:** Agua sometida a procesos de tratamientos físicos, químicos y/o biológicos para consumo humano (DIGESA, 2011).
- **Agua de consumo humano:** Agua apta para consumo humano y para uso doméstico, incluida la higiene personal (DIGESA, 2011).
- **Cloro residual libre:** Cantidad de cloro en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito, que debe quedar en el agua de consumo humano, para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento (DIGESA, 2011).
- **Turbiedad:**

La turbidez o turbiedad, expresada en unidades nefelométricas de turbidez (UNT), material en suspensión para obstaculizar el paso de la luz, de origen inorgánico (arcilla, limos, arenas, etc.) debido a la erosión; así como material orgánico (microorganismos, sustancias orgánicas, etc.) debido a las actividades antrópicas (OMS, 2018).

- **Color**

El color, se debe a la presencia de materia orgánica (principalmente ácidos húmicos y fúlvicos) asociada al humus del suelo. Asimismo, la presencia de hierro y otros metales (OMS, 2018).

- **Dureza:**

La dureza, es capacidad del agua para reaccionar con el jabón; el agua dura requiere considerablemente más jabón para producir espuma. El valor del umbral gustativo se encuentra entre 100 y 300 mg/L (OMS, 2018).

2.4. Base Legal.

2.4.1. Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano

La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), del Ministerio de Salud en el año 2011, mediante Decreto Supremo N° 031-2010-SA, aprueba el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, donde se establecen límites máximos permisibles (LMP), para los parámetros microbiológicos, calidad organoléptica, químicos inorgánicos y orgánicos; parámetros para la evaluación de la calidad del agua potable a nivel nacional. El LMP, es la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que en exceso causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Para la evaluación y monitoreo de la calidad de agua para consumo humano, se ha establecido límites máximos permisibles (DIGESA, 2011).

2.4.2. Estándares de calidad ambiental para el agua (ECA):

El Ministerio del Ambiente, mediante el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA), donde se establece los niveles de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo

receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (MINAM, 2017).

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas

a la producción de agua potable. Aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- **A1.** Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. Aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente (MINAM, 2017).

- **A2.** Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente (MINAM, 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio.

El presente trabajo de investigación se ubicó en el distrito Cajamarca, provincia Cajamarca, en el ámbito de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia de la ciudad de Cajamarca. La planta de tratamiento de agua El Milagro, cuenta con dos captaciones, la primera ubicada en el Centro Poblado Llushcapampa Baja, cuya fuente de abastecimiento es el río Grande y la segunda se ubica en el Centro Poblado Huambocancha Alta, su fuente de abastecimiento es el río Porcón; por otro lado, la planta de agua potable Santa Apolonia, cuenta con una sola captación, ubicada en el Sector Ronquillo, siendo la fuente de abastecimiento el río Ronquillo, tal como se aprecia en la Figura 1. Plano de Localización Captaciones río Grande, río Porcón, planta de agua potable El Milagro; y río Ronquillo, planta de agua potable Santa Apolonia, como se muestra en la Figura 1, 2 y 3.

En la Figura 1, se presenta las plantas de agua potable EL Milagro y Santa Apolonia, cada una con sus captaciones y sus fuentes de abastecimiento de agua, así como los puntos de muestreo.

En la Figura 2, se presenta las captaciones de agua de los ríos Grande y Porcón, para la planta de agua potable El Milagro; la captación de agua del río Ronquillo, para la planta de agua potable Santa Apolonia. También se incluyen los puntos de muestreo.

En la Figura 3, se muestra los puntos de muestreo del agua tratada, para ambas plantas de agua potable.

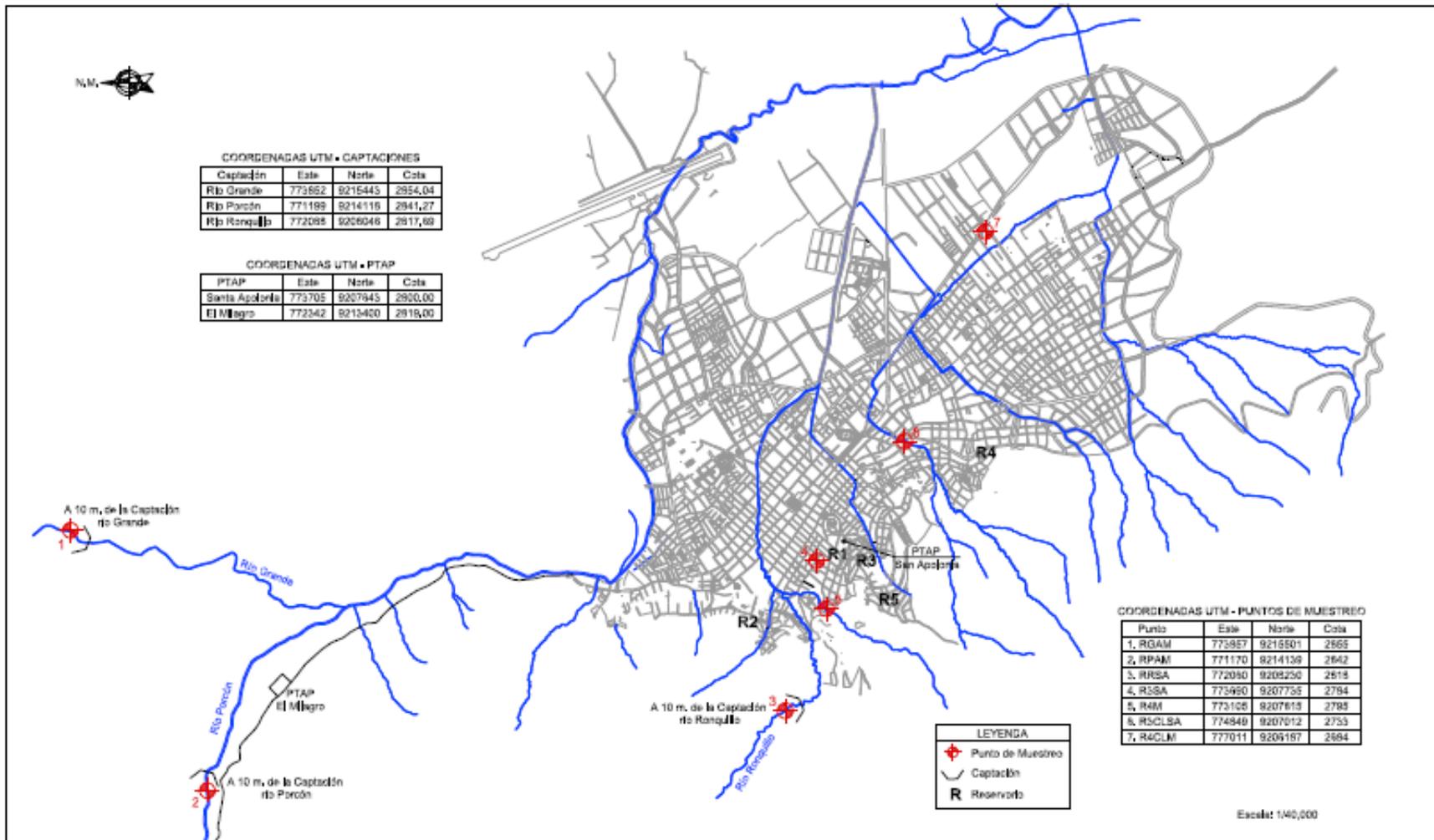


Figura 1. Plano de ubicación de las captaciones del río Grande, río Porcón, PTAR El Negro, río Ranquillo y PTAP Santa Apolonia.
Fuente: Elaboración Propia.

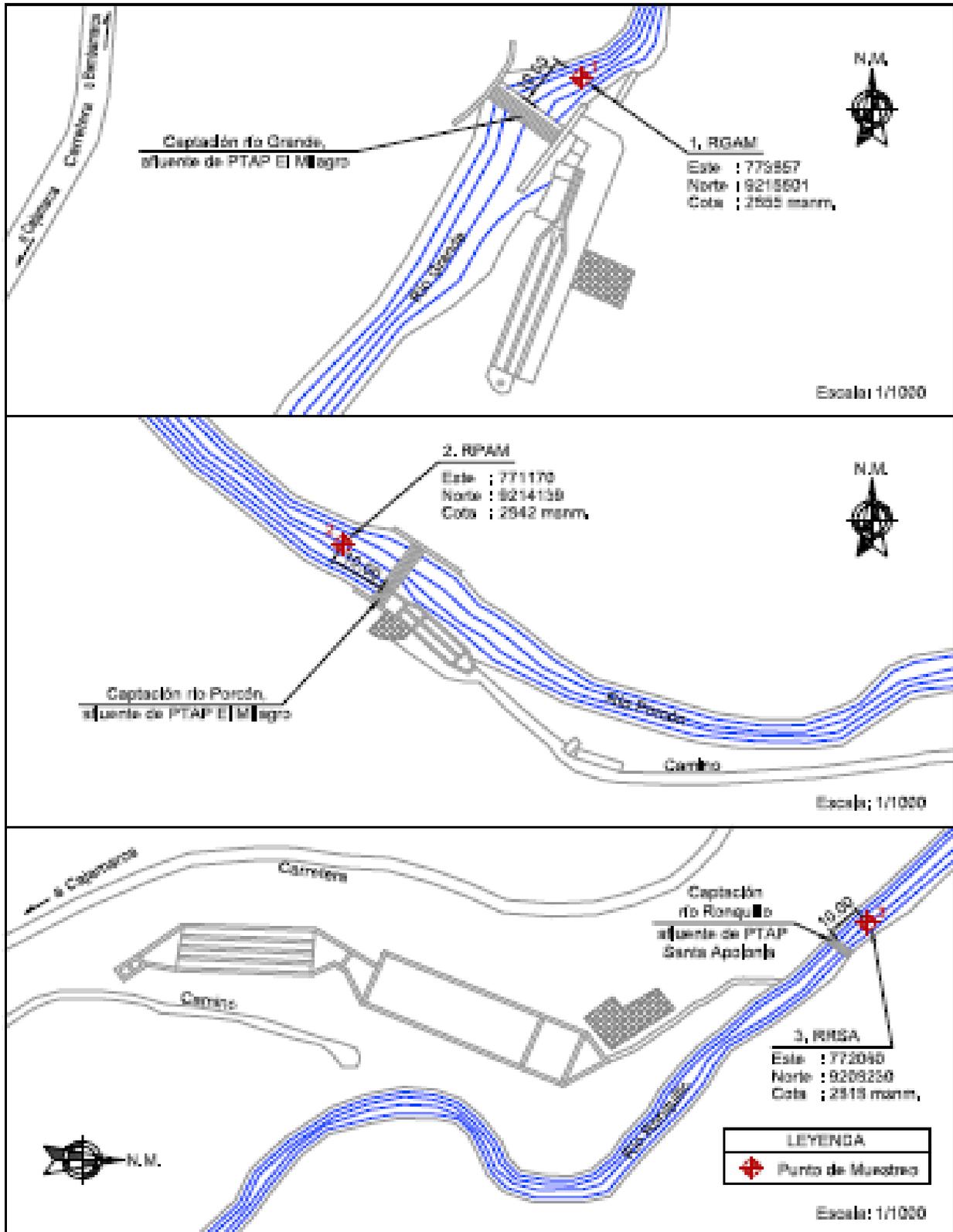


Figura 2. Plano de Ubicación de muestreo agua pre tratada río Grande, río Porcón y río Ronquillo.
 Fuente: Elaboración Propia.

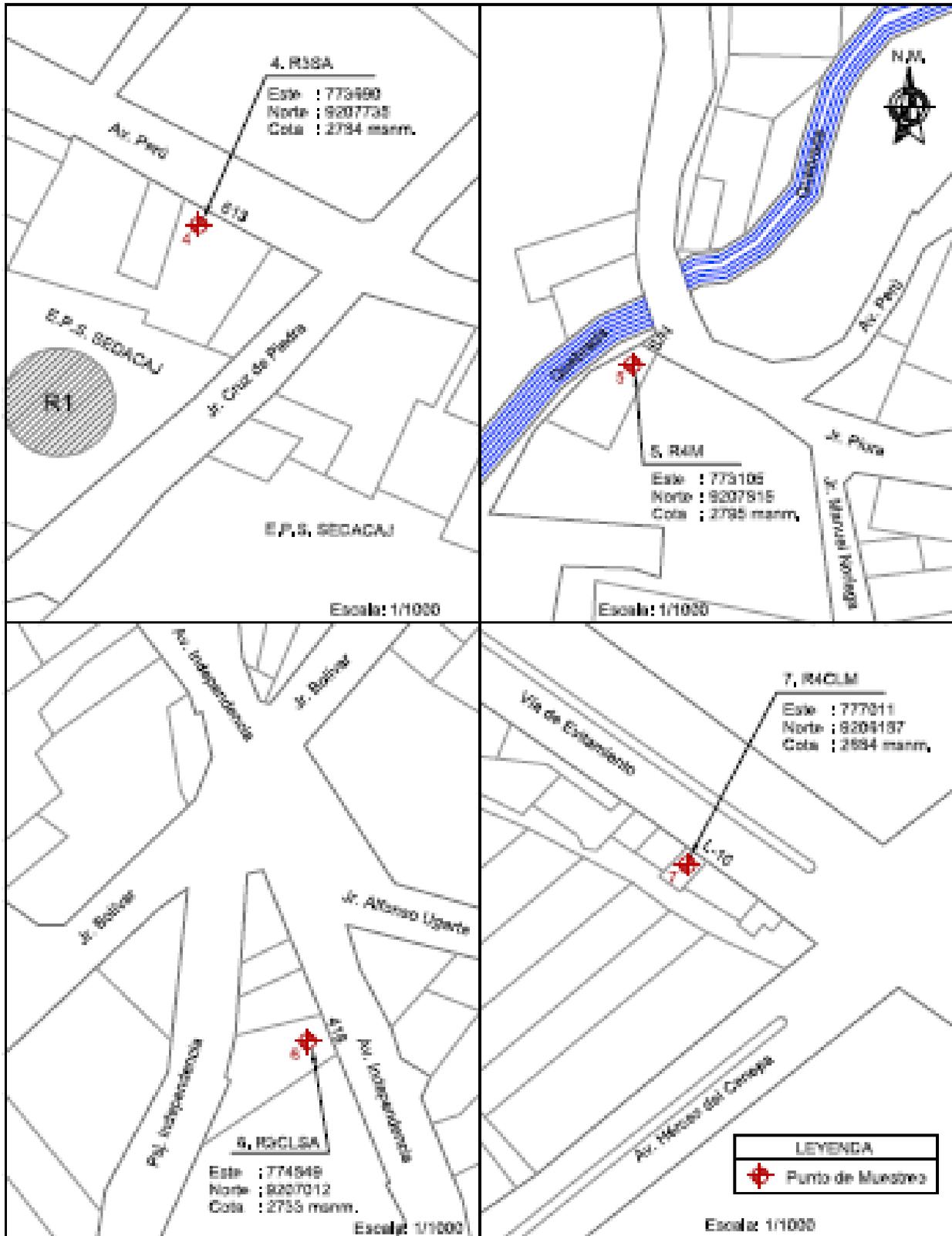


Figura 3. Plano de Ubicación de muestras agua post tratada R4M, R38A, R3CLSA y R4CLM.
Fuente: Elaboración Propia.

Fuentes de abastecimiento de agua cruda.

Las fuentes de aguas superficiales que alimentan a la planta de agua potable El Milagro son el río Porcón y el río Grande. La fuente que alimenta a la planta de agua potable Santa Apolonia es el río Ronquillo (SEDACAJ, 2014).

Río Porcón

El río Porcón corresponde a la cuenca del Mashcón, la captación se ubica a 2 850 msnm, con una línea de conducción de 1 700 m hasta la cámara de reunión antes del ingreso de agua a la planta de agua potable EL Milagro, donde se une con el agua captada del río Grande, proveniente de la zona de Minera Yanacocha (SEDACAJ, 2014).

Río Grande

El río Grande también corresponde a la cuenca del Mashcón, la captación se ubica en la cota 2 878 msnm., con una línea de conducción de 1 800 m hasta la cámara de reunión antes del ingreso de agua a la planta de agua potable El Milagro, con influencia de la zona aurífera de Minera Yanacocha (SEDACAJ, 2014).

Planta de tratamiento de agua potable El Milagro

Ubicada en el sector del mismo nombre, a 5,24 km en dirección noroeste de Cajamarca, a 2 856 msnm. Abastece al 65% de la población de Cajamarca, la capacidad de producción es de 135 L/s (SEDACAJ, 2014).

Planta de tratamiento de agua potable Santa Apolonia

Ubicada en el sector San Vicente de la ciudad de Cajamarca, a 2 847 msnm, se alimenta de la captación de agua el Ronquillo. La capacidad instalada de la planta de agua potable es de 70 L/s (SEDACAJ, 2014).

Agua post tratada. Las dos plantas de agua potable, para el almacenamiento y distribución del agua potable, cuentan con cuatro reservorios apoyados, con las siguientes características:

a) Reservorio R-1

Reservorio apoyado, semienterrado, cilíndrico, con capacidad de almacenamiento de 1 000 M³, construido en el año 1942, recibe el agua tratada de la planta Santa Apolonia. Se ubica en la cota 2 809 msnm. Esta instalación sirve al Sector N°1 de distribución comprendido entre la Av. Perú y el Jr. Huánuco, mediante una tubería de 12" de diámetro y alimenta al reservorio R-3 por medio de una línea de impulsión de 6" de diámetro la cual empalma a una tubería de 8" de diámetro.

La zona abastecida por el R-1 corresponde a un 33% de la población abastecida, destinando un 85% del volumen para el sector N° 1 de distribución y un 15% del volumen se impulsa hacia el R-3 (SEDACAJ, 2014).

b) Reservorio R-2

Reservorio apoyado circular con techo abovedado construido en el año 1980, con capacidad de almacenamiento de 2 500 M³. Ubicado en la cota 2 799 msnm.

Está alimentada por una tubería 16" de diámetro que proviene de la Planta de agua potable "El Milagro", cuenta con dos líneas de aducción de 10" y 12" de diámetro, cámara de válvulas y control de nivel.

El R-2 distribuye a través de dos aducciones que corresponden a dos zonas de presión distintas, la zona de presión "alta" se abastece directamente del R-2 y la zona "baja" recibe el agua de la cámara rompe (SEDACAJ, 2014).

c) Reservorio R-3

Reservorio apoyado de forma circular construido en 1980. Ubicado en la cota 2 868 msnm, tiene una capacidad de almacenamiento de 700 M³.

Este reservorio es abastecido por bombeo del R-1, la tubería de salida es de 10" reduciendo a 6" para su empalme con la red de distribución (SEDACAJ, 2014).

d) Reservorio R-4

Recientemente construido, es de tipo apoyado de forma circular, se encuentra en la zona de Calispuquio, tiene una capacidad de almacenamiento de 1 500 M³.

Ubicado en la cota 2 802 msnm este reservorio será abastecido de la planta de agua potable El Milagro, a través de una línea de conducción derivado de la línea que abastece al R-2, el mismo que tendrá un funcionamiento hidráulico. Este reservorio abastece a la zona de expansión urbana de la parte de Mollepampa y Nuevo Cajamarca (SEDACAJ, 2014).

e) Reservorio R-5

Capacidad 350 M³. Almacena el agua proveniente del reservorio R-3, mediante el sistema de bombeo.

Fuente: SEDACAJ, (2014).

3.2. Materiales y Equipos

3.2.1. Material y Equipo de Campo.

- Carta Nacional a escala 1:100 000 levantada por el IGN
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Equipo de protección personal:
 - Mascarilla
 - Guantes
 - Botas
 - Mandil

- Equipo de muestreo de agua:
 - GPS
 - Frascos para parámetros fisicoquímicos
 - Frascos para muestras microbiológicas
 - Frascos para cloro residual
 - Cooler



Figura 4. Cooler y frascos para muestras de agua

3.2.2. Material y Equipo de gabinete.

- Material de escritorio
- Papel Bond de 80 gramos
- Tinta para impresora
- Computadora portátil I7
- Impresora a color
- Memorias USB de 32 GB

3.3. Metodología.

3.3.1. Fase de campo.

Se realizó el reconocimiento preliminar de la zona, para determinar los puntos de muestreo, en función del ámbito de las plantas de agua potable y la red de distribución domiciliaria.

Ubicación de los puntos de muestreo. Se realizó visitas de campo para reconocimiento y ubicación de los puntos de muestreo de agua, antes del ingreso a las captaciones de agua, tal como se observa en la Figura 2, correspondiente al Plano de Ubicación de puntos de muestreo agua cruda de río Grande, río Porcón y río Ronquillo. Para agua tratada, se realizó el registro de los puntos de muestreo en los domicilios ubicados al inicio de la red de distribución de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia, teniendo en cuenta que dichos domicilios no cuentan con tanque elevado, para no variar los resultados del análisis de agua tratada, de igual forma se ubicó los puntos de muestreo para el análisis de cloro residual, en los domicilios ubicados en puntos terminales de la red de distribución del sistema de agua potable de la ciudad de Cajamarca, como se puede observar en la Figura 3, correspondiente al Plano de Ubicación de puntos de muestreo agua tratada R4M, R3SA, R3CLSA y R4CLM.

En la Figura 5, se presenta la captación de agua de río Grande (RGAM), para la planta de agua potable El Milagro, donde se ubicó el primer punto de muestreo para agua pre tratada.

En la Figura 6, se presenta la captación río Porcón (RPAM), para la Planta de Agua Potable El Milagro, donde se ubicó el segundo punto de muestreo para agua pre tratada.

En la Figura 7, se presenta la captación río Ronquillo (RRSA), aguas arriba, donde se ubicó el tercer punto de muestreo para agua pre tratada.



Figura 5. Captación río Grande (RGAM), para la planta de agua potable El Milagro, en época de estiaje.



Figura 6. Captación río Porcón (RPAM), para la planta de agua potable El Milagro, en época de estiaje.



Figura 7. Captación río Ronquillo (RRSA), para la planta de agua potable Santa Apolonia, en época de estiaje.

Puntos de muestreo para agua pre tratada. Los puntos de muestreo se ubicaron a 10 m antes del ingreso a la captación; para el caso de la planta de agua potable EL Milagro, tiene dos captaciones: la primera en Llushcapampa Baja, cuya fuente de abastecimiento de agua es el río Grande (RGAM), y la segunda captación en Huambocancha Alta, su fuente de abastecimiento de agua es el río Porcón (RPAM). Para la planta de agua potable Santa Apolonia, tiene una sola captación en el sector el Ronquillo, la fuente de abastecimiento de agua, es el río Ronquillo (RRSA). Los puntos antes mencionados, se presentan en la Figura 2, referido al plano de los puntos de muestreo agua cruda río Grande, río Porcón y río Ronquillo.

Puntos de muestreo para agua post tratada. Se ubicaron los puntos de muestreo, al inicio de la red de distribución domiciliaria, para lo cual se ubicó domicilios que no cuenten con tanque elevado, sino que solamente tengan conexión directa a la red. En este caso fue un poco difícil encontrar este tipo de domicilios, debido a que la mayor parte cuentan con tanque elevado, logrando ubicar el punto de muestreo, en Av. Perú para el Reservorio R3, Barrio San Vicente, planta de agua potable Santa Apolonia (R3SA), y en la primera cuadra de la Av. Independencia, del Barrio Santa Elena Baja para el Reservorio R4 de la planta de agua potable El Milagro (R4M). Estos puntos de muestreo se presentan en la Figura 3, en el Plano de los puntos de muestreo agua tratada R4M, R3SA, R3CLSA y R4CLM.

Los puntos de muestreo para cloro residual en agua post tratada, se ubicaron en los domicilios finales de la red de distribución domiciliaria de agua potable, del Reservorio R3, en la Av. Perú y el río San Lucas, en el Barrio San Vicente colindante con el Barrio Urubamba, donde termina la red de distribución de la planta de agua potable Santa Apolonia (R3CLSA); y del Reservorio R4, se ubicó en la Av. Vía de Evitamiento media cuadra antes de Av. Héroes del Cenepa, Barrio San Martín para la planta de agua potable El Milagro (R4CLM).

En total se ubicaron 7 puntos de muestreo, tal como se presenta en la Tabla 8

Tabla 8. Puntos de muestreo de agua pre y post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia.

PUNTOS DE MUESTREO	CÓDIGO	COORDENADAS	ALTITUD
		UTM	MSNM
1. Río Grande, agua cruda antes del ingreso a la planta el Milagro.	RGAM	N92°15'51'' E77°38'58''	2 863
2. Río Porcón, agua cruda antes del ingreso a la planta el Milagro.	RPAM	N92°14'15'' E77°11'64''	2 856
3. Río Ronquillo, agua cruda antes del ingreso a la planta Santa Apolonia.	RRSA	N92°08'23'' E77°20'49''	2 847
4. Reservorio 3, Agua tratada planta agua potable Santa Apolonia.	R3SA	N92°07'73 E77°36'84''	2 824
5. Reservorio 4, Agua tratada planta agua potable El Milagro.	R4M	N92°06'98'' E77°48'35''	2 761
6. Reservorio 3, Agua tratada planta agua potable Santa Apolonia.	R3CLSA	N92°07'73 E77°36'84''	2 824
7. Reservorio 4, Agua tratada planta agua potable El Milagro.	R4CLM	N92°06'22'' E77°69'92''	2 696

Toma de muestras. Se realizó en los siete puntos establecidos (Figura 1, 2 y 3), con tres repeticiones.

La primera toma de muestras de agua cruda y tratada (M1), se realizó el día 22 de noviembre del 2019, fecha en que se registró época de estiaje, tal como se observa en las Figuras 5, 6 y 7. La segunda repetición en los mismos puntos de muestreo (M2), se realizó el día 06 de diciembre del 2019; y la tercera repetición (M3), se realizó el día 20 de diciembre del 2019, época donde se

registraron fuertes lluvias en la localidad de Cajamarca, tal como se muestra en las Figuras 9, la toma de muestras para agua cruda, en total 3 puntos con 3 repeticiones (Tabla 5). Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio Regional del Agua, para su análisis.



Figura 8. Toma de muestras agua pre tratada del río Grande (RGAM).



Figura 9. Toma de datos durante el muestreo de agua post tratada (R3CISA).

3.3.2. Fase de laboratorio:

El análisis de agua pre y post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia, estuvo a cargo del Laboratorio Regional del Agua, del Gobierno Regional de Cajamarca, Laboratorio que cuenta con la acreditación respectiva, lo que garantiza el cumplimiento de los protocolos y la normatividad vigente del país.

Los métodos para el análisis de agua pre y post tratada, se presentan a continuación:

Ensayos	Unidad	Método usado
Muestreo de Agua pre y post tratada	Muestra	Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano. RD.160-2015/DIGESA/SA
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Al, As, Cd, Cr, Pb)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. Validado 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Mercurio por AAS-CV	mg/L	Método: EPA 245.1. Rev. 3.0. 1994. Validado 2014. Determination of mercury in water by cold vapor atomic absorption spectrometry
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B. 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+. B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method
Dureza Total	mg/CaCO ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method
Cianuro Total	mg/L	ASTM D7511-12.2012. Standard Test Method for Total Cyanide by Segmented Flow Injection Analysis, In-Line Ultraviolet Digestion and Amperometric Detection
Cloro Residual	mg Cl/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl G, 23rd Ed. 2017: DPD Colorimetric Method
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, E, G. 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other <i>Escherichia coli</i> Procedures

3.3.3. Fase de gabinete:

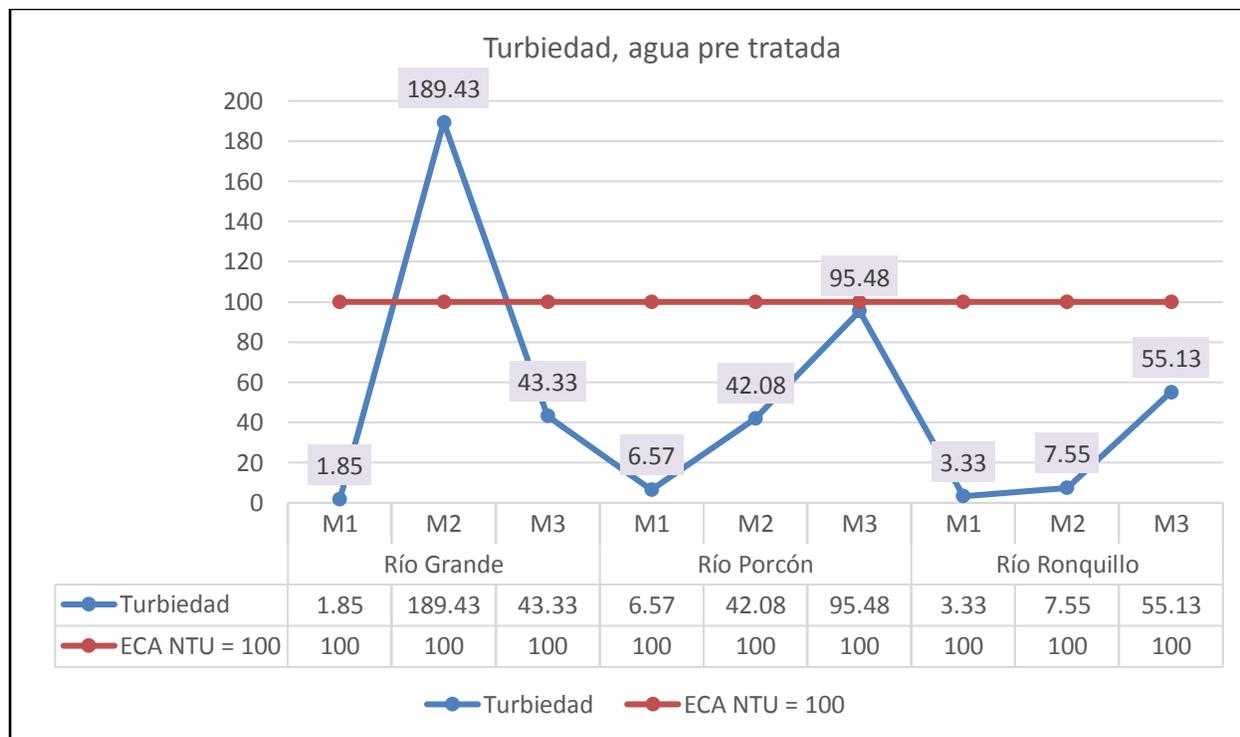
Se utilizó la estadística descriptiva para el procesamiento de datos, los resultados se muestran en tablas y figuras, los que permiten comparar analizar los parámetros de calidad de agua pre tratada con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAS) para agua cruda de los ríos Grande, Porcón y Ronquillo, establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM. Así mismo se analizó y comparó los parámetros de calidad de agua post tratada, con los Límites Máximos Permisibles (LMP), establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA, Calidad de Agua para consumo humano.

Para comparar si el agua pre y post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia, cumplen con la calidad establecida en la normatividad vigente (D.S. N° 004-2017-MINAM, ECAS para agua cruda; y D.S. N° 031-2010-SA, LMP para agua tratada), se aplicó el Método Estadístico de Wilcoxon, Indicador de confianza, donde los valores mayores al 90%, representarán al agua aceptable para consumo humano. Los valores menores al 90%, corresponden al agua de baja calidad, porque los parámetros, no se encuentran dentro de los parámetros del reglamento de la calidad del agua para consumo humano y estándares de calidad ambiental para agua cruda, subcategoría A2, establecido por las normas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

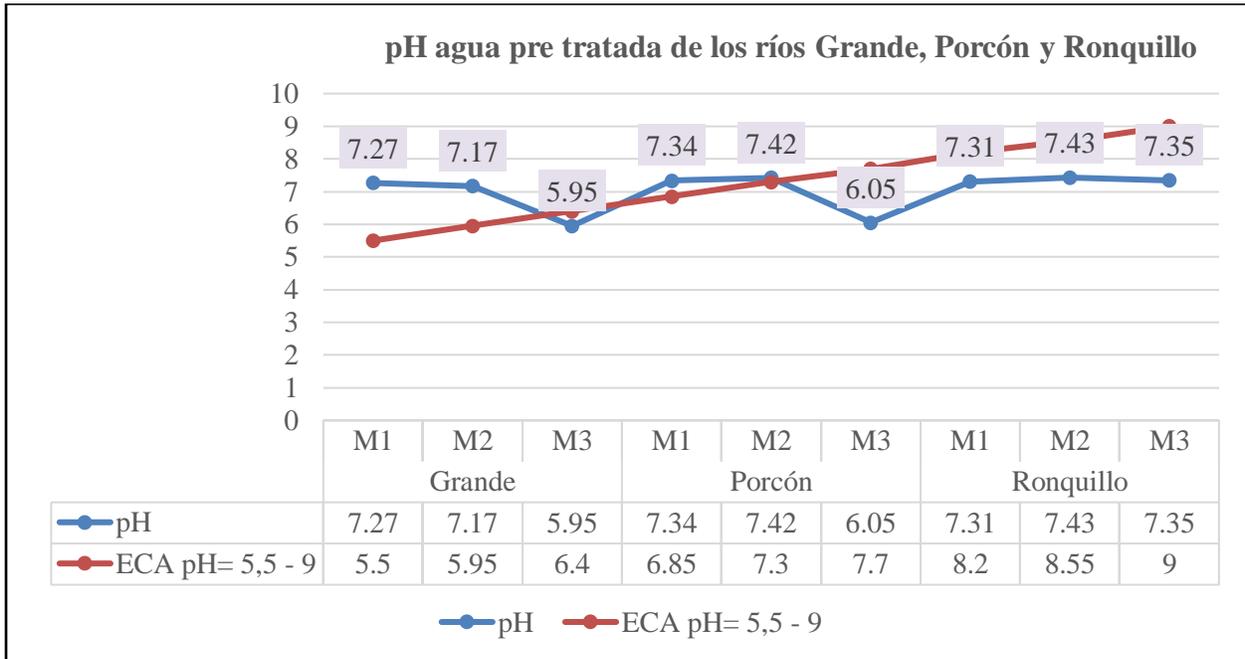
4.1. Resultados y discusión del análisis de agua pre tratada: río Grande (RGAM), río Porcón (RPAM) y río Ronquillo (RRSA).

Gráfico 1. Turbiedad, agua pre tratada de los ríos Grande, Porcón y Ronquillo



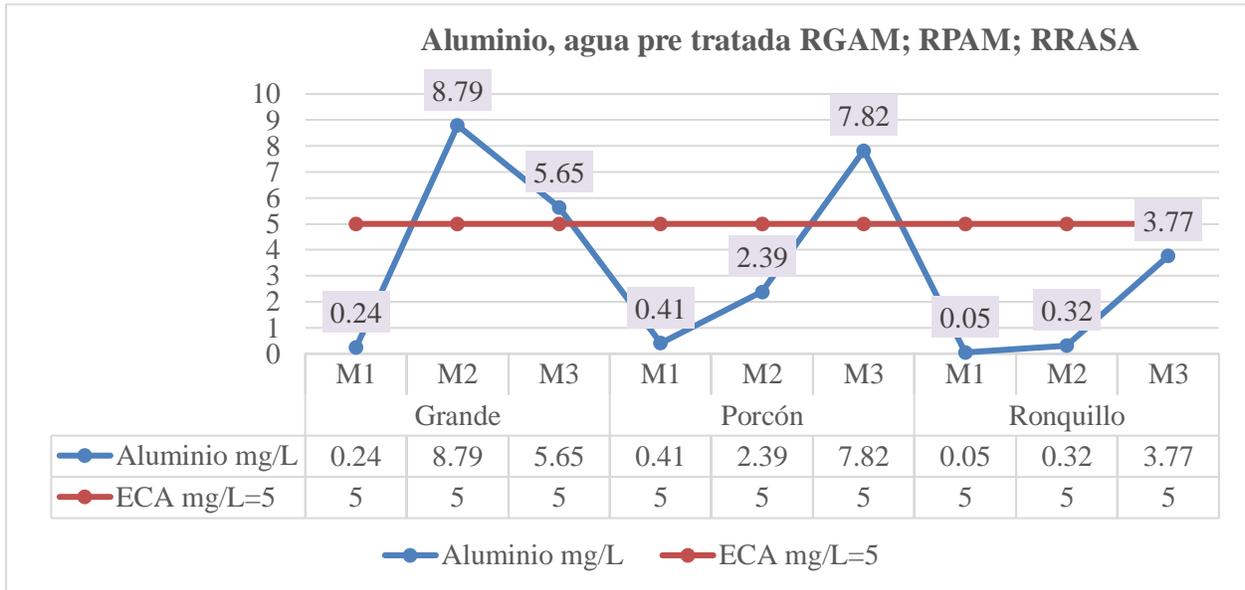
En el gráfico 1, se observa que en la muestra 2 de agua pre tratada de río Grande, la turbiedad tiene el valor máximo de 189,43 UNT, el cual supera el ECA, subcategoría A2 D.S. N° 004-2017-MINAM. Parámetro que afecta la calidad de agua, influenciado por la época de lluvia, debido a la erosión y remoción de partículas de origen inorgánico (arcilla, limos, arenas, etc.), así como material orgánico (microorganismos, sustancias orgánicas, etc.) debido a las actividades antrópicas (OMS, 2018). Pero que es factible controlar mediante procesos de tratamiento de agua, como sedimentación de partículas, coagulación, floculación, decantación y filtración.

Gráfico 2. pH del agua pre tratada de los ríos Grande, Porcón y Ronquillo



En el gráfico 2, se observa que el pH, se encuentra dentro de los Estándares de Calidad Ambiental, subcategoría A2 del D.S. N° 004-2017-MINAM, tendiendo el río Grande un pH promedio de 6,80; el río Porcón 6,94 y el río Ronquillo 7,36. Siendo este parámetro de mucha importancia, y se encuentra dentro del rango de 5,5 a 9, establecido por la norma, lo cual no afecta a la calidad de agua cruda. El pH es un parámetro químico muy importante del agua, los valores y cambios del pH pueden indicar problemas de contaminación en el agua de los ríos y lagos, no solamente el pH afecta a los organismos vivos que viven en el agua, sino que el cambio en el pH puede también ser un indicador del aumento en la contaminación o algún otro factor ambiental (OMS, 2018).

Gráfico 3. Aluminio del agua pre tratada de los ríos Grande, Porcón y Ronquillo



En el gráfico 3, se observa que la concentración de Aluminio no supera significativamente el ECA. Así mismo la concentración del Aluminio en el río Grande, río Porcón, y río Ronquillo, el promedio es de 3,27 mg/L, no supera el ECA subcategoría A2 del D.S. N° 004-2017-MINAM. Sin embargo, superan el ECA, la muestra 2 con 8,79 mg/L para río Grande y la muestra 3 con 7,82 mg/L para río Porcón, influenciado por la lluvia, debido a la erosión y remoción, ya que generalmente los metales se disuelven en el agua de los ríos cuando se producen movimiento de tierras en las zonas aledañas. Siendo necesario monitorear en forma permanente estos parámetros, para poder controlar y no afectar la calidad de agua.

Tabla 9. Arsénico del agua pre tratada de los ríos Grande, Porcón y Ronquillo

Arsénico mg/L	ECA = 0,01 mg/L	Media	Desv. Estándar	CV%	
Lugar	Muestra	Superficial	0,00	0,00	0%
Grande	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			
Porcón	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			
Ronquillo	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			

*Prueba Wilcoxon para H1: $Me < ECA$, mediana = 0,00

*Referencial datos <LCM, significa que la concentración de Arsénico, es mínima
LMC = Límite de Cuantificación del Método.

En la tabla 9, se observa que la concentración de Arsénico para agua pre tratada de los ríos Grande, Porcón y Ronquillo es cero (0,00 mg/L). Como el CV% es 0%, menor a 33%, no significativo la concentración de Arsénico cumple con el ECA (D.S. N° 004-2017-MINAM); por lo que no afecta a la calidad de agua.

Siendo muy importantes la evaluación y el monitoreo de este parámetro, para lo cual, se han desarrollado estrategias para remediar la contaminación por arsénico. Además, los sistemas de filtrado desarrollados con éxito para la eliminación de arsénico de las aguas subterráneas, para proporcionar el agua potable necesaria para el consumo humano, así como importantes consideraciones para mejorar aún más el rendimiento y la eficacia de estos sistemas de filtro, para tratamiento de agua para usos domésticos (Adeloju, S. et al, 2021).

Tabla 10. Cadmio del agua pre tratada de los ríos Grande, Porcón y Ronquillo

Cadmio	ECA= 0,005mg/L		Media	Desv. Estándar	CV%
Lugar	Muestra	Superficial	0,00	0,00	0%
Grande	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			
Porcón	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			
Ronquillo	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			

*Prueba Wilcoxon para H1: $Me < ECA$, mediana = 0.00

*Referencial datos <LCM

Para el caso del Cadmio en los ríos analizados, con un coeficiente de variación nulo, menor a 33%, la concentración de Cadmio la concentración es cero (0,00 mg/L), cumple con los ECA para el Agua subcategoría A2, establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM, que estipula el LMP de una concentración de 0,005 mg/L.

Tabla 11. Cromo del agua pre tratada de los ríos Grande, Porcón y Ronquillo

Cromo	ECA= 0,05mg/L		Media	Desv. Estándar	CV%
Lugar	Muestra	Superficial	0,00	0,00	0%
Grande	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			
Porcón	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			
Ronquillo	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			

*Prueba Wilcoxon para H1: $Me < ECA$, mediana = 0,00

*Referencial datos <LCM

En la tabla 11, para la concentración del Cromo en agua pre tratada de los ríos analizados, no supera el ECA, el coeficiente de variación es menor a 33%, la concentración de Cromo cumple con los ECA para el agua subcategoría A2, D.S: N° 004-2017 MINAM. Estos resultados difieren de los obtenidos por Lucas, V. (2019), que encontró 1,01 mg/L en la vertiente para la localidad de Severino y 1,01 para la localidad de Julian, no cumpliendo con las normas establecidas. Lo que nos indica, que existen lugares, donde el agua es de baja calidad, que requiere un tratamiento adecuado.

Generalmente, no se considera un riesgo para la salud, se trata de un elemento esencial para el ser humano (Cr III), pero en altas concentraciones resulta tóxico. Los compuestos de cromo (VI) son tóxicos si son ingeridos, siendo la dosis letal de unos pocos gramos. En niveles no letales, el Cr (VI) es carcinógeno. La mayoría de los compuestos de cromo (VI) irritan los ojos, la piel y las mucosas. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda una concentración máxima de 0,05 mg/litro de cromo (VI) en el agua de consumo (OMS, 2018).

Tabla 12. Plomo del agua pre tratada de los ríos Grande, Porcón y Ronquillo

Plomo	ECA= 0,05 mg/L		Media	Desv. Estándar	CV%
Lugar	Muestra	Superficial	0,00	0,001	300%
Grande	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			
Porcón	M1	0,00	0,00	0,00	173%
	M2	0,004			
	M3	0,00			
Ronquillo	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			

*Prueba Wilcoxon para H1: $Me < ECA$, mediana = 0,00

*Referencial datos <LCM

En la tabla 12, se observa que la concentración de plomo en los tres ríos, no supera significativamente los valores establecidos (ECA=0,05 mg/L), cumple con el D.S. N° 004-2017-MINAM. En el agua pre tratada del río Porcón, se encontró una concentración de 0,004 mg/L, debido a la erosión del suelo y remoción de partículas, por las lluvias, pero que se encuentra por debajo del ECA, siendo necesario realizar monitoreos continuos. Estos resultados difieren de los obtenidos por Lucas, V. (2019), quién para la vertiente de la localidad de Severino obtuvo 1,02 y para la vertiente de la localidad de Julian, obtuvo 1,04, valores que exceden a lo establecido por la norma. Por lo que es muy importante realizar estos trabajos de investigación, ya que permite analizar y realizar las correcciones en forma adecuada y oportuna, evitando problemas en la salud de la población usuaria.

Tabla 13. Concentración del Mercurio en agua pre tratada de los ríos Grande, Porcón y Ronquillo

Mercurio	ECA= 0,002mg/L		Media	Desv. Estándar	CV%
Lugar	Muestra	Superficial	0,00	0,00	0%
Grande	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			
Porcón	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			
Ronquillo	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			

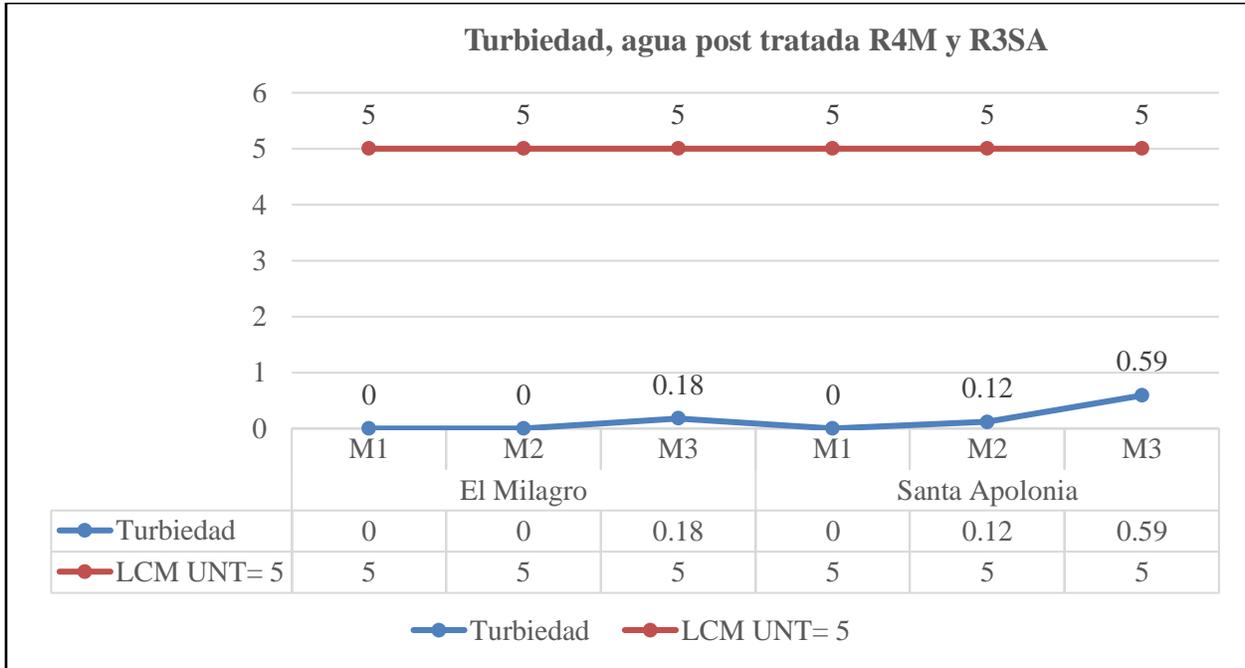
*Prueba Wilcoxon para H1: $Me < ECA$, mediana = 0,00

*Referencial datos <LCM

Se puede apreciar en la Tabla 13, que la concentración del Mercurio en los tres ríos es cero (0,00), cumple con el ECA para el Agua subcategoría A2, D.S. N° 004-2017-MINAM. Lo cual indica que este parámetro no afecta a la calidad de agua.

4.2. Resultados y discusión del análisis de agua post tratada de las Plantas de agua potable El Milagro (R4M) y Santa Apolonia (R3SA).

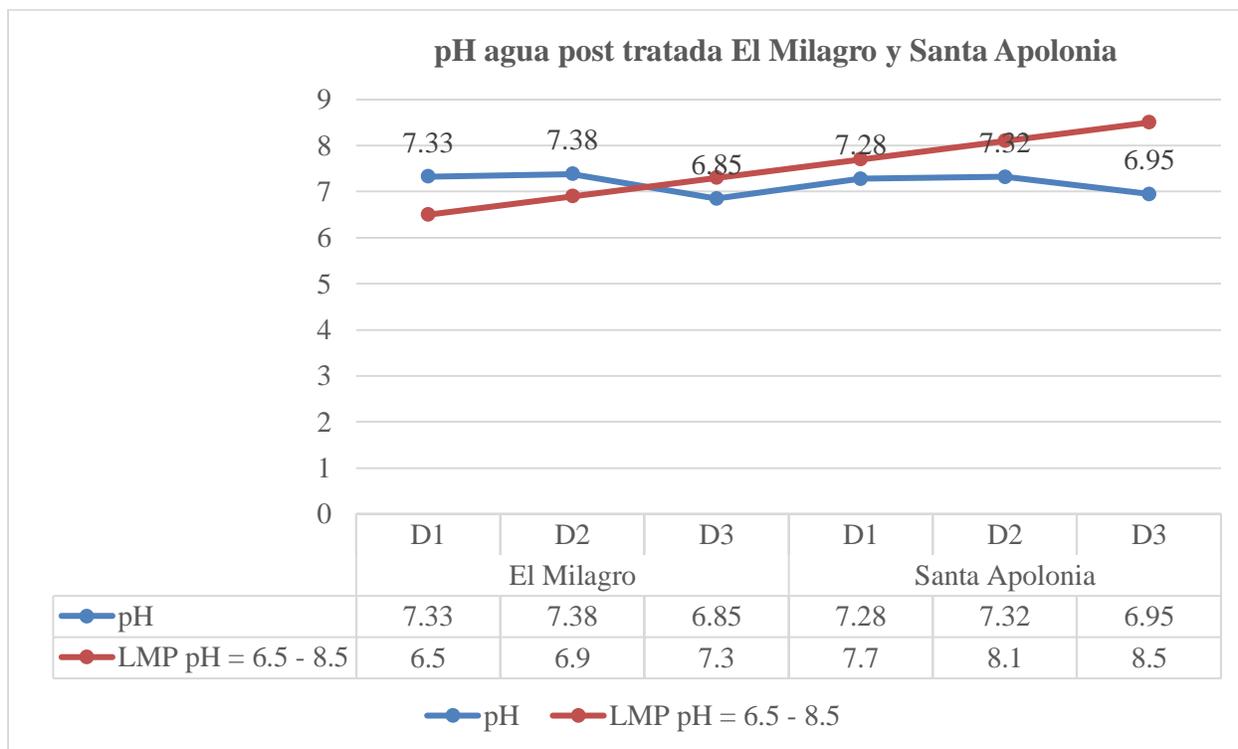
Gráfico 4. Turbiedad en el agua post tratada de: El Milagro y Santa Apolonia



La turbiedad tiene un promedio de 0,19 mg/L, no significativo, por lo que la turbiedad de las aguas potables en las viviendas abastecidas por los reservorios R3 y R4 de las dos plantas de tratamiento, cumplen con los LMP, D.S. N° 031-2010-SA. Se observa en el gráfico 4, dando un valor máximo de 0,18 NTU y un mínimo de 0,00 NTU para la vivienda abastecida por el reservorio 4 de la planta de tratamiento El Milagro y un valor máximo de 0,59 NTU y un mínimo de 0,00 NTU para la vivienda abastecida por el reservorio 3 de la planta de tratamiento de Santa Apolonia, no afectando la calidad de agua post tratada.

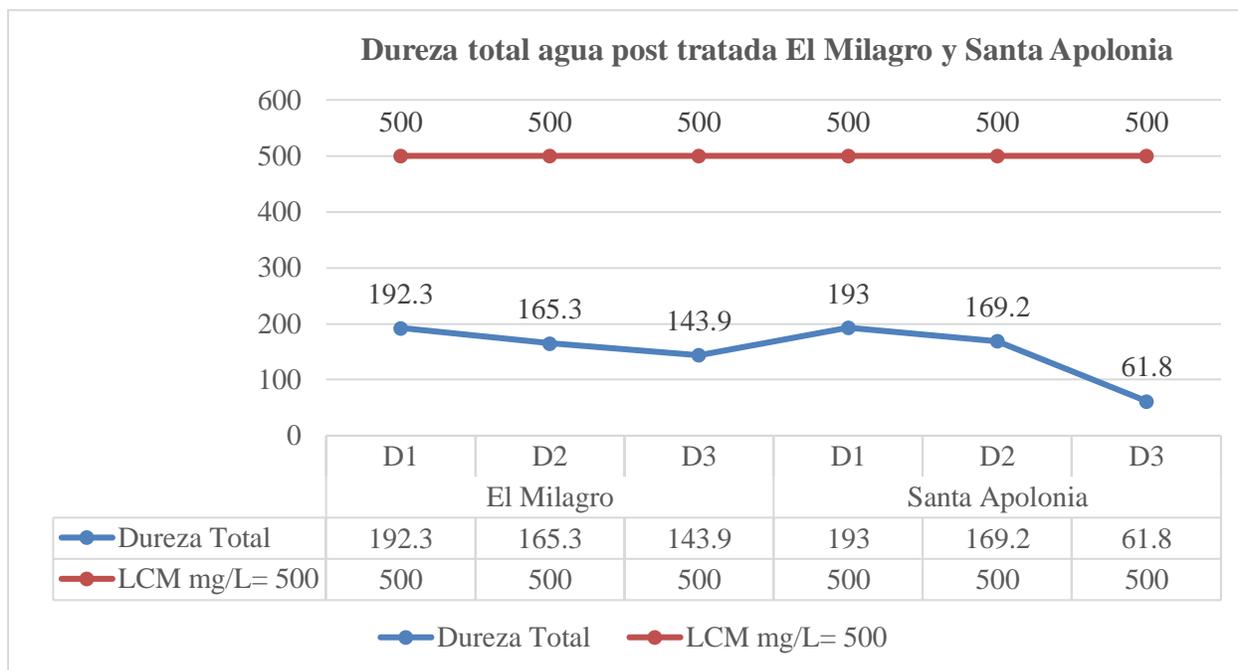
La transparencia del agua es importante para la elaboración de productos destinados a consumo humano y para numerosos usos industriales (APHA, AWWA, WEF, 2017).

Gráfico 5. pH en el agua post tratada de El Milagro y Santa Apolonia



En el gráfico 5, se observa que el pH en el agua post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia, se encuentra en un rango entre 6,85 – 7,38, con un promedio de 7,19, por lo tanto el pH del agua potable en las viviendas abastecidas por los reservorios R3 y R4 de las dos plantas de agua potable, cumple con LMP, establecidos por el D.S. N° 031-2010-SA. Dando un valor máximo de 7,38 y un valor mínimo de 6,85 para el agua post tratada abastecida por el reservorio R4 de la planta de agua potable El Milagro, y un valor máximo de 7,32 y un valor mínimo de 6,95 para el agua post tratada abastecida del reservorio R3 de la planta de agua potable Santa Apolonia, valor que cumple con lo establecido en la norma, no afectando a la calidad de agua post tratada.

Gráfico 6. Dureza total en agua post tratada El Milagro (R4M) y Santa Apolonia (R3SA)



En la concentración de dureza total en el agua post tratada se obtiene un promedio de 154,25 mg/L, valor que se encuentra por debajo del límite máximo permisible, establecido por la norma vigente.

Como se observa en el gráfico 6, se observa los datos de la dureza total, del agua post tratada abastecida por el reservorio R4 de la planta de agua potable el Milagro, tiene un valor máximo de 192,3 mg/L y un valor mínimo de 143,9 mg/L; y de agua post tratada abastecida por el reservorio R3 de la planta de agua potable Santa Apolonia, la concentración máxima es de 193 mg/L y la mínima es de 61,8 mg/L. Estas concentraciones no superan los LMP, D.S. N° 031-2010-SA. Lo cual indica que este parámetro no afecta a la calidad de agua post tratada.

Tabla 14. Concentración de Cianuro Total en el agua post tratada de El Milagro y Santa Apolonia

Cianuro Total	LMP mg/L= 0,07		Media	Desv. Estándar	CV%
Lugar	Muestra	Post tratada	0,00	0,00	0%
Santa Apolonia	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			
El Milagro	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			

*Prueba Wilcoxon para H1: $Me < LMP$, mediana = 0,00

*Referencial datos $< LCM$

La tabla 14, nos muestra que no se encontró cianuro en agua post tratada de las viviendas abastecidas por el reservorio R3 y reservorio R4 de las plantas Santa Apolonia y El Milagro, cumpliendo con el D.S. N° 031-2010-SA, lo cual no afecta la calidad de agua post tratada.

Tabla 15. Concentración del Arsénico en el agua post tratada de El Milagro y Santa Apolonia

Arsénico mg/L	LMP= 0,01mg/L		Media	Desv. Estándar	CV%
Lugar	Muestra	post tratada	0,00	0,00	0%
Santa Apolonia	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			
El Milagro	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			

*Prueba Wilcoxon para H1: $Me < LMP$, mediana = 0,00

*Referencial datos $< LCM$

En la tabla 15, se observa que en las viviendas abastecidas por los reservorios R3 y R4 de las plantas de Santa Apolonia y El Milagro, la concentración de Arsénico es cero (0,00), cumple con los LMP, D.S. N° 031-2010-SA.

Tabla 16. Concentración del Cadmio en el agua post tratada de El Milagro y Santa Apolonia

Cadmio	LMP= 0,005mg/L		Media	Desv. Estándar	CV%
Lugar	Muestra	post tratada	0,00	0,00	0%
Santa Apolonia	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			
El Milagro	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			

*Prueba Wilcoxon para H1: $Me < LMP$, mediana = 0,00

*Referencial datos $< LCM$

La Tabla 16, muestra que no se encontró concentraciones de Cadmio, siendo cero (0,00) en las viviendas cuyas aguas potables provienen de los reservorios R3 y R4 de las plantas de tratamiento de Santa Apolonia y El Milagro, no afectando la calidad de agua post tratada y cumplen con los LMP, establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.

Tabla 17. Concentración del Cromo en el agua post tratada de El Milagro y Santa Apolonia

Cromo	LMP= 0,05mg/L		Media	Desv. Estándar	CV%
Lugar	Muestra	post tratada	0,00	0,00	0%
Santa Apolonia	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			
El Milagro	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			

*Prueba Wilcoxon para H1: $Me < LMP$, mediana = 0,00

*Referencial datos $< LCM$

Se aprecia en la tabla 17, que la concentración de Cromo en el agua post tratada es cero (0,00), cumpliendo con los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA, en las viviendas, cuyas aguas potables provienen de los reservorios R3 y R4 de las plantas de agua potable Santa Apolonia y El Milagro respectivamente.

Estos resultados son muy similares a los obtenidos por Castillo (2016), en su trabajo de investigación, cuyas concentraciones de Cromo, están por debajo de los LMP, D.S. N° 031-2010-SA, indicando que no afecta a la calidad de agua tratada de las plantas de agua potable Santa Apolonia y el Milagro.

Tabla 18. Concentración del Plomo en el agua post tratada de El Milagro y Santa Apolonia

Plomo	LMP= 0,05 mg/L		Media	Desv. Estándar	CV%
Lugar	Muestra	post tratada	0,00	0,00	0%
Santa Apolonia	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			
El Milagro	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			

*Prueba Wilcoxon para H1: $Me < LMP$, mediana = 0,00

*Referencial datos $< LCM$

En la tabla 18, se observa que la concentración de plomo en las viviendas abastecidas por los reservorios R3 y R4 de las plantas de agua potable Santa Apolonia y El Milagro es 0,00 mg/L; cumplen con los LMP, D.S. N° 031-2010-SA. Estos resultados difieren con los obtenidos por Lucas, V. (2019), obtuvo 1,00 mg/L para la localidad de Severino y de 1,01 mg/L de plomo para la localidad de Julián, no cumpliendo con las normas establecidas. Lo que demuestra que existe lugares donde excede los límites máximos permisibles, donde afecta la calidad de agua y por ende a la salud de la población usuaria, siendo necesario su tratamiento.

Tabla 19. Concentración del Mercurio en el agua post tratada de El Milagro y Santa Apolonia

Mercurio	LMP= 0,002mg/L	Media	Desv. Estándar	CV%	
Lugar	Muestra	post tratada	0,00	0,00	0%
Santa Apolonia	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			
El Milagro	M1	0,00	0,00	0,00	0%
	M2	0,00			
	M3	0,00			

*Prueba Wilcoxon para H1: $Me < LMP$, mediana = 0,00

*Referencial datos <LCM

En el agua potable de las viviendas abastecidas por los reservorios R3 y R4 de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia, no se registró la presencia de mercurio, no afectando la calidad de agua post tratada, por lo tanto, este parámetro cumple con lo dispuesto en el D.S. N° 031-2010-SA.

4.3. Resultados y discusión del análisis bacteriológico del agua post tratada

Tabla 20. Concentración de *Escherichia coli* en el agua post tratada de El Milagro y Santa Apolonia

<i>Escherichia Coli</i>	LMP UFC/100 mL = 0	Media	Desv. Estándar	CV%	
Lugar	Muestra	Bebida	0.37	0.90	245%
El Milagro	M1	0.00	0.00	0.0	0%
	M2	0.00			
	M3	0.00			
Santa Apolonia	M1	0.00	0.73	1.56	212%
	M2	0.00			
	M3	2.20			

*Prueba Wilcoxon para H1: $Me > LMP$, p valor=0,04; media = 0,37

** P menor a 0,05, es significativo

*Referencial datos <LCM

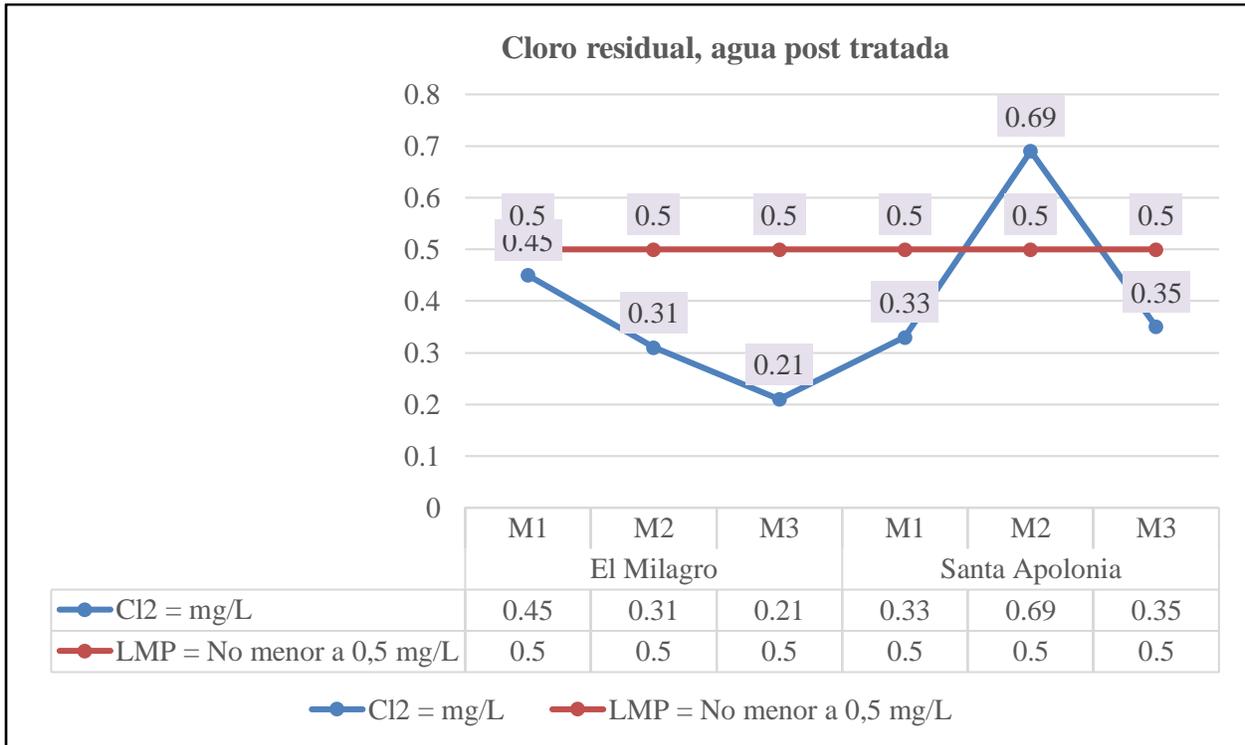
Escherichia coli es un huésped normal del aparato digestivo. No obstante, se han aislado *E. coli* productores de enfermedades de agua corriente, fuentes de agua potable y corrientes de montaña. Estos microorganismos se encuentran en todo el mundo. Es poco probable que *E.*

coli pueda provocar una enfermedad a través de su transmisión por agua potable adecuadamente tratada. Históricamente, al menos en los Estados Unidos, estos microorganismos sólo causan enfermedades en lactantes, pero como suelen beber agua hervida o esterilizada, estas infecciones de transmisión hídrica son raras (APHA, AWWA, WEF (2017). De acuerdo a lo mencionado, es preocupante lo que se observa en la Tabla 20, se ha encontrado *Escherichia coli* en el tercer muestreo de la vivienda abastecida por el reservorio R3 de la planta Santa Apolonia, dando una concentración de 2,2 NMP/100 mL. En el tercer muestreo este parámetro no cumple con los LMP, D.S. N° 031-2010-SA

Para la concentración de *Escherichia coli* en el agua tratada se obtuvo un promedio de 0,37 NMP/100 mL, siendo el de Santa Apolonia el más influyente. Si bien el coeficiente de variación disminuyó notablemente, sigue siendo relativamente alto, por lo que se debería de seguir mejorando el control. Como CV% es mayor a 33% y p valor = 0,04, menor a 0,05 significativo, la concentración de *Escherichia coli* no cumple con los LMP, D.S. N° 031-2010-SA, afectando a la calidad de agua post tratada para consumo humano, siendo este parámetro uno de los indicadores de contaminación fecal más utilizados últimamente (Larea, J. ete al, 2013), lo que indica que requiere la inmediata intervención para su control.

4.4. Resultados y discusión del análisis cloro residual de agua post tratada de las Plantas de agua potable El Milagro (R4CLM) y Santa Apolonia (R3CLSA).

Gráfico 7. Concentración del cloro residual en las viviendas más alejadas de las plantas de agua potable El Milagro (R4CLM) y Santa Apolonia (R3CLSA).



La cloración del agua para suministro y residual sirve principalmente para destruir o desactivar los microorganismos causantes de enfermedades. Una segunda ventaja, especialmente en el tratamiento del agua post tratada, reside en la mejora general de su calidad, como consecuencia de la reacción del cloro con el amoníaco, hierro, manganeso, sulfuro y algunas sustancias orgánicas (APHA, AWWA, WEF, 2017). Según el D.S. N° 031-2010-SA, el cloro residual no debe ser menor que 0,5 mg/L en las viviendas; si se observa el Gráfico 7, este parámetro no cumple con el D.S. N° 031-2010-SA en la mayoría de los muestreos, solo cumple en el tercer muestreo de la vivienda abastecida por el reservorio R3 de la planta Santa Apolonia. Estos resultados son similares a los encontrados por Espitia, N. (2019) y Vicuña, F. (2016), quienes encontraron una

concentración de 0,36 mg/L de cloro residual, y 0,25 respectivamente, lo que indica que la cloración en estos sistemas de agua potable es deficiente, lo que sería potencialmente un problema para la salud de la población usuaria, siendo necesario un mejor tratamiento.

4.5. Análisis mediante el Método Wilcoxon. Indicador de confianza

Tabla 21. Resumen de indicadores para calidad de agua pre tratada ríos Grande, Porcón y Ronquillo.

Agua pre tratada	Media	ECA	p valor	significativo	Estándar
Turbiedad	49,42 UNT	100 UNT	-	No	Cumple
pH	7,30	5.5 - 9 pH	-	No	Cumple
	mg/L	mg/L	-		
Aluminio	3,27	5	0,05	No	Cumple
Arsénico	0,00	0,01	-	No	Cumple
Cadmio	0,00	0,005	-	No	Cumple
Cromo	0,00	0,05	-	No	Cumple
Plomo	0,00	0,05	-	No	Cumple
Mercurio	0,00	0,002	-	No	Cumple

Indicador de confianza= (cantidad de parámetros cumplidos/total de parámetros) *100

$$= 08/08 * 100\% = 100\%$$

Para afirmar que se tiene agua de calidad el indicador deber ser 90% como mínimo, en este caso el indicador = 100%, por tanto, el agua cruda cumple con el estándar de calidad necesario para ser captada y procesada en agua de consumo humano.

Tabla 22. Resumen de indicadores para calidad de agua post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia.

Agua post tratada	Media	LMP	p valor	significativo	Estándar
Turbiedad	0,19 UNT	5	-	No	Cumple
pH	7,19	6.5 – 8.5pH	-		Cumple
Dureza Total	154,25	500	-	No	Cumple
Cianuro Total	0,001	0,07	-	No	Cumple
	mg/L	mg/L			
Arsénico	0,00	0,01	-	No	Cumple
Cadmio	0,00	0,003	-	No	Cumple
Cromo	0,00	0,05	-	No	Cumple
Plomo	0,00	0,01	-	No	Cumple
Mercurio	0,00	0,001	-	No	Cumple
<i>Escherichia coli</i>	0,37 NMP/100 mL	0	-	Si	No cumple
Cloro Residual	0,39 mg/L	0,5	-	Si	No cumple

Indicador de confianza= (cantidad de parámetros cumplidos/total de parámetros) *100

= 9/11 * 100% = 81,82%

Para afirmar que se tiene agua de calidad el indicador deber ser 90% como mínimo, en este caso el indicador está por debajo del 90%, por tanto, el agua tratada no cumple con el LMP, D.S. N° 031-2010-SA, Reglamento de calidad de Agua Potable.

Para la concentración de *Escherichia coli*, en el agua tratada se obtuvo un promedio de 0,37 NMP/100 mL, significativo la concentración de *Escherichia coli* no cumple con el LMP, establecido en el D.S. N° 031-2010-SA, afectando a la calidad de agua pos tratada para consumo humano, siendo este parámetro uno de los indicadores de contaminación fecal más utilizados últimamente (Larea, J. et al, 2013), lo que indica que requiere la inmediata intervención para su control.

En cuanto a la cloración del agua para suministro y residual sirve principalmente para destruir o desactivar los microorganismos causantes de enfermedades, así como mejorar su calidad,

como consecuencia de la reacción del cloro con el amoníaco, hierro, manganeso, sulfuro y algunas sustancias orgánicas (APHA, AWWA, WEF, 2017). Según el D.S. N° 031-2010-SA, el cloro residual no debe ser menor que 0,5 mg/L en las viviendas; de acuerdo a los resultados mostrados en el gráfico 7, al encontrarse un promedio de 0,39 mg/L, este parámetro no cumple con el D.S. N° 031-2010-SA en la mayoría de muestreos, sólo cumple en el tercer muestreo de la vivienda abastecida por el reservorio R3 de la planta Santa Apolonia, que se encontró una concentración de cloro residual de 0,69 mg/L; lo que indica que la cloración en este sistema de agua potable es deficiente, siendo potencialmente un problema para la salud de la población usuaria de la ciudad de Cajamarca, por lo que necesario un mejor tratamiento.

4.6. Análisis de la eficiencia de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia.

4.6.1. En cuanto al agua post tratada de las plantas de agua potable EL Milagro y Santa Apolonia, de acuerdo con los análisis realizados, los resultados obtenidos en promedio fueron: 0,19 UNT para turbiedad; pH 7,19; dureza 154,25 mg/L; cianuro 0,00; y 0,00 para los metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, plomo y mercurio), estos parámetros están por debajo de los LMP, cumpliendo con lo establecido por el D.S. N° 031-2010-SA. Por lo tanto, en cuanto a los parámetros mencionados, hay buena eficiencia en los procesos de tratamiento de agua en las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia.

4.6.2. En el análisis bacteriológico de agua post tratada de las plantas de agua potable EL Milagro y Santa Apolonia, la concentración de *Escherichia coli*, el promedio fue 0,37 NMP/100 mL, lo cual se encuentra por encima del LMP establecido por el D.S. N° 031-2010-SA, en lo que respecta a la muestra M2, de la planta de tratamiento de agua potable Santa Apolonia, se encontró una concentración de 2,2 NMP/100 mL, afectando

la calidad de agua post tratada, lo que demuestra que no hay buena eficiencia en los procesos de tratamiento, lo que puede deberse a varios factores como la baja cloración que se está mostrando en los resultados de análisis de cloro residual, no siendo adecuado el tratamiento de agua en cuanto a eliminación de bacterias *E.coli*, otro factor es el sistema de distribución de la red y el tanque, donde se almacena el agua, y puede acumularse sustancias orgánicas, que mediante el ingreso de rayos solares, favorece el desarrollo de bacterias, otro factor es la infraestructura con la que cuenta las plantas de agua potable, que ya cumplieron su vida útil, y por la antigüedad, ya no cumplen una función adecuada y finalmente, hay deficiencia en los operadores de la planta de agua potable, faltando además una vigilancia adecuada y las acciones inmediatas de tratamiento adecuado del agua para consumo humano.

4.6.3. En cuanto a la concentración del cloro residual del agua tratada de las plantas de agua potable EL Milagro (R4CIM) y Santa Apolonia (R3CISA), fue de 0,39 mg/L, menor a 0,5 mg/L, estando por debajo del LMP establecido en el D.S. N° 031-2010-SA, parámetro muy importante, en la desinfección del agua, lo cual es deficiente, ya que en las muestras 1, 2 y 3, la mayoría de los datos están por debajo del LMP, para el agua post tratada de la planta de agua potable El Milagro (R4M) y Santa Apolonia (R3SA), teniendo el mínimo de 0,21 y 0,35 mg/L respectivamente, para las viviendas más alejadas de la red de distribución, lo que afecta a la calidad de agua, y se corrobora con la presencia de bacterias *Escherichia coli*, que de no corregirse, afectará la salud de la población usuaria.

V. CONCLUSIONES

1. Para el agua pre tratada de los ríos Grande, Porcón y Ronquillo, los parámetros físicos y químicos: la turbiedad tuvo un promedio de 49,42 UNT; el pH 7,03; el aluminio 3,27 mg/L; los metales pesados (Arsénico, Cadmio, Cromo, Plomo y Mercurio) fueron no significativos, no superando el ECA, los que se encuentran dentro de lo establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM. Así mismo para el agua post tratada de las plantas de agua potable EL Milagro y Santa Apolonia, fueron no significativos para: turbiedad, pH, dureza, cianuro, y los metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, plomo y mercurio), ya que están dentro de lo normado en el D.S. N° 031-2010-SA.
2. En el análisis bacteriológico de agua post tratada de las plantas de agua potable EL Milagro y Santa Apolonia, la concentración de *Escherichia coli*, el promedio fue 0,4 NMP/100 mL, lo cual se encuentra fuera del LMP establecido por el D.S. N° 031-2010-SA.
3. La concentración del cloro residual del agua tratada de las plantas de agua potable EL Milagro (R4CIM) y Santa Apolonia (R3CISA), fue de 0,39 mg/L, menor a 0,5 mg/L, estando por debajo del LMP establecido en el D.S. N° 031-2010-SA.
4. Según el método estadístico de Wilcoxon, el Indicador de confianza es del 100%, para la calidad de agua pre tratada de los ríos Grande, Porcón y Ronquillo, está dentro de los parámetros establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.
5. Para la Calidad de agua post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia, el Indicador de confianza fue 81,82%, es menor a 90%, encontrándose por debajo de lo establecido en el D.S. N° 031-2010-SA., indicando que el proceso de tratamiento de agua, es deficiente.

VI. PROPUESTA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUA

Titulo. Monitoreo de la calidad bacteriológica y vigilancia epidemiológica, del agua post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia.

6.1. Introducción. Para tratar adecuadamente el agua potable y mejorar la planta de tratamiento, tratamientos preliminares adecuados como cribado para reducir la carga orgánica entrante, cloración adecuada del sistema de agua potable, y se requiere un monitoreo y mantenimiento frecuente del sistema de la planta de tratamiento (Belay, D., et al., 2021).

El ser humano, tiene el derecho constitucional al agua, a la salud y a vida, desde el enfoque de desarrollo humano integral, por lo que es primordial la eficiencia del proceso de tratamiento de agua para consumo humano, desde las fuentes de agua (agua pre tratada), la captación de agua, los sistemas de tratamiento y el sistema operativo (almacenamiento, distribución domiciliaria), su monitoreo y vigilancia sanitaria, dentro de lo cual, la calidad bacteriológica es fundaméntela, para asegurar la salud de la población usuaria (Elías, J., et al., 2020).

Debido a que se encontró deficiencia en la calidad bacteriológica y la concentración de cloro residual, en las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia, de la ciudad de Cajamarca, se propone el monitoreo con 2 parámetros: *Escherichia Coli* y Cloro Residual, y la vigilancia epidemiológica en la población usuraria.

6.2. Objetivo. Mejorar la eficiencia del proceso de tratamiento de agua, en las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia, de la ciudad de Cajamarca.

6.3. Metodología.

6.3.1. Monitoreo de la calidad bacteriológica del agua post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia.

Prospectivo: Mediante muestreos de agua post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia (reservorios, en las principales de redes de distribución), y su análisis en laboratorios acreditados, en forma mensual, para la obtención de un registro de datos estadísticos. Interpretativo: Estos datos estadísticos mes a mes, se deben analizar y comparar con los límites máximos permisibles (LMP), en estricto cumplimiento del D.S. N° 031-2010-SA, Reglamento de calidad de agua de consumo humano (DIGESA, 2011), teniendo en cuenta las deficiencias encontradas, en cuanto al parámetro de la Calidad Bacteriológica del Agua: Bacterias coliformes termotolerantes o fecales (*Escherichia coli*), que ocasiona enfermedades diarreicas, afectando a la población usuaria.

6.3.2. Monitoreo de cloro residual.

Mediante muestreos de agua post tratada de las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia (en los puntos finales de las viviendas abastecidas por las principales de redes de distribución domiciliaria), y su análisis en laboratorios acreditados, en forma mensual, para la obtención de un registro de datos estadísticos sobre la concentración de cloro residual. Interpretativo: Estos datos estadísticos mes a mes, se deben analizar y comparar con los límites máximos permisibles (LMP), en estricto cumplimiento del D.S. N° 031-2010-SA, Reglamento de calidad de agua de consumo humano (DIGESA, 2011), teniendo en cuenta las deficiencias encontradas, en cuanto al parámetro de cloro residual, no menor a 0,5 mg/100 mL de agua, para un tratamiento adecuado y oportuno, mejorando la eficiencia en cuanto al proceso de desinfección del agua y evitar la proliferación de bacterias coliformes

termotolerantes o fecales (*Escherichia coli*), dotando de esta manera agua potable de calidad a la población usuaria.

6.3.3. Vigilancia epidemiológica de la población usuaria.

La calidad bacteriológica del agua potable, está muy correlacionada con la salud de la población usuaria, por lo que es muy importante, en forma paralela de hacer el monitoreo, también hacer la vigilancia epidemiológica del parámetro de enfermedad diarreica, datos registrados en la Dirección Regional de Salud (DESA), para cotejar si es ocasionada por las bacterias coliformes termotolerantes o fecales (*Escherichia coli*), presentes en el agua, debido a una deficiencia en la desinfección de agua potable, o es ocasionada por otros agentes.

Evitando de esta manera, tener reportes como las principales enfermedades bacterianas intestinales identificadas en el centro de salud de La Coipa, San Ignacio fueron: Infecciones intestinales bacterianas especificadas, con 780 casos y con 25 casos para *Escherichia coli* (Carhuatocto, S., 2022)

6.4. Resultados esperados.

Con un monitoreo mensual, adecuado y oportuno de la calidad de agua potable, en las plantas de agua potable El Milagro y Santa Apolonia, y una vigilancia epidemiológica del parámetro de enfermedad diarreica en la población usuaria, se logrará una buena eficiencia en los procesos de tratamiento de agua potable y una dotación de agua de calidad a la población usuaria.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adeloju, S. et al. (2021). Arsenic Contamination of Groundwater and Its Implications for Drinking Water Quality and Human Health in Under-Developed Countries and Remote Communities—A Review. <https://doi.org/10.3390/app11041926>.
2. Angulo, K. (2019). *Evaluación de parámetros de control obligatorio en sistemas de agua potable de la zona urbana y rural del distrito de san juan - Cajamarca 2018*. UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/5087>
3. APHA, AWWA, WEF. (2017). *Standard Methods for examination of water and wastewater*. American Public Health Association 23rd ed. Washington. Estados Unidos.
4. Belay, D., et al. (2021). *Efficiency of Treatment Plant and Drinking Water Quality Assessment from Source to Household, Gondar City, Northwest Ethiopia*. *Revista de Salud Pública y Ambiental Volumen 2021*, ID de artículo 9974064, 8 páginas. <https://doi.org/10.1155/2021/9974064>.
5. Carhuatocto, S. (2022). *Relación entre la calidad del agua superficial para el consumo humano y las enfermedades bacterianas intestinales en la población del distrito de La Coipa, provincia San Ignacio - Cajamarca 2020*. Escuela de Posgrado – Universidad Nacional de Cajamarca – Perú.
6. Dirección General de Salud Ambiental. (2010). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, DS N° 031-2010-SA*. Ministerio de Salud, Lima – Perú.
7. Elías, J., et al. (2020). *Calidad bacteriológica del agua para consumo humano y enfermedad diarreica aguda en el distrito de Rázuri, provincia de Ascope*. *La Libertad - Perú. Puriq*, 2(1), 3–15. <https://doi.org/10.37073/puriq.2.1.69>.

8. Espitia, N. (2019). *Análisis de calidad de agua potable con relación a sus parámetros fisicoquímicos, biológicos, y crecimiento de Lemna minor en la estancia de Lurín, Lima 2015-2016*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú. Recuperado de: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/10715/Espitia_in.pdf?sequence=1&isAllowed=y
9. Flores, H. (2019). *Evaluación físico, químico y microbiológico de las aguas del río Nanay a orillas de la comunidad de Nina Rumi - Iquitos*. Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de: <http://www.revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2341/2227>.
10. Flores, J. (2018). *Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca – Perú.
11. Larea, J. et al. (2013). *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura*. Revista CENIC. Ciencias Biológicas, vol. 44, núm. 3, 2013, pp. 24-34. Centro Nacional de Investigaciones Científicas Ciudad de La Habana, Cuba. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181229302004>.
12. Lucas, L. (2019). *Calidad del agua de suministro y salud humana en la microcuenca del río Carrizal. Factibilidad de un prototipo de potabilización*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/10286>.
13. Ministerio del Ambiente - MINAM. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM*. Lima – Perú.

14. Organización Mundial de la Salud - OMS. (2018). *Guías para la calidad de agua potables*. Agua, saneamiento y salud, tercera edición. Recuperado de:
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/.
15. Ramírez, A. (2010). Toxicidad del cianuro: Investigación bibliográfica de sus efectos en animales y en el hombre. *Anales de la Facultad de Medicina*, 71(1), 54-61.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832010000100011&lng=es&tlng=es.
16. SEDACAJ (2014). <https://www.sedacaj.com.pe/>
17. Vicuña, F. (2016). *Evaluación de la calidad del agua potable del sistema de abastecimiento y el grado de satisfacción en la población de Olleros Huaraz, periodo 2015-2016*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Perú.
18. Villena, J. (2018). *Calidad del Agua y Desarrollo Sostenible*. Rev Perú Med Exp Salud Pública. Recuperado de: <https://www.scielosp.org/pdf/rpmesp/2018.v35n2/304-308>

VIII. ANEXOS

8.1. Límites Máximos Permisibles (LMP), D.S. 031-2010-SA

Tabla 1. Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS		
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Bacterias coliformes totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 mL

Tabla 2. Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA		
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	500
Hierro	mg Fe/L	0,3
Manganeso	mg Mn/L	0,4
Aluminio	mg Al/L	0,2
Cobre	mg Cu/L	2
Zinc	mg Zn/L	3
Sodio	mg Na/L	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Tabla 3. Límites Máximos Permisibles de Parámetros Químicos

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS		
Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Antimonio	mg Sb/L	0,02
Arsénico (nota 1)	mg As/L	0,01
Bario	mg Ba/ L	0,7
Boro	mg B/L	1,5
Cadmio	mg Cd/L	0,003
Cianuro	mg CN/L	0,07
Cromo total	mg Cr/L	0,05
Flúor	mg F/L	1
Mercurio	mg Hg/L	0,001
Níquel	mg Ni/L	0,02
Plomo	mg Pb/L	0,01
Selenio	mg Se/L	10
Molibdeno	mg Mo/L	0,07
Uranio	mg U/L	0,015

Fuente: Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL-1.

8.2. Estándares de Calidad Ambiental (ECA), D.S. 004 – 2017 – MINAM

Tabla 4: Estándares de Calidad Ambiental Destinadas a la Producción de Agua Potable

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL				
Categoría 1: Poblacional y recreacional				
Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable				
Parámetros	Unidad	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Fisicoquímico				
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Dureza	mg/L	500	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9,0
Turbiedad	UNT	5	100	**
Inorgánicos				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5

Microbiológicos y parasitológicos				
Coliformes Totales	NMP/100mL	50	**	**
Coliformes Termo tolerantes	NMP/100mL	20	2000	20000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	0	**	**

Nota 1:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

8.3. Resultados del análisis de agua pre y post tratada de las plantas de tratamiento El Milagro y Santa Apolonia: Muestra 1 (M1) de fecha 20/11/2019.

Tabla 5. Informe del Ensayo de agua pre y post tratada (M1)

	LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA		 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 084	
	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084			
INFORME DE ENSAYO N° IE 1119947				
DATOS DEL CLIENTE/USUARIO				
Razon Social/Usuario	CESAR GUEVARA HOYOS			
Dirección	Chota			
Persona de contacto	-	Correo electrónico	cguevarah@unc.edu.pe	
DATOS DE LA MUESTRA				
Fecha del Muestreo	22.11.19	Hora de Muestreo	09:37 a 11:29	
Tipo de Muestreo	Puntual			
Número de Muestras	07 Muestra	N° Frascos x muestra	01 a 02	
Ensayos solicitados	Fisicosquímicos y Microbiológicos			
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de Volumen y Preservación			
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el Laboratorio			
Procedencia de la Muestra:	CAJAMARCA			
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO				
N° Contrato	SC - 1094	Cadena de Custodia	CC - 947 -19	
Fecha y Hora de Recepción	22.11.19	12:20	Inicio de Ensayo	22.11.19 12:45
Reporte Resultado	03.12.19	16:00		
				
Ing. Edder Miguel Neyra Jaico Responsable de Oficina CIP: 147028				
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA				
Cajamarca, 03 de Diciembre de 2019.				



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1119947

ENSAYOS			QUÍMICOS						
Código Cliente			RGAM	RPAM	RRSA	R3SA	R4M	R4CLM	
Código Laboratorio			1119947-01	1119947-02	1119947-03	1119947-04	1119947-05	1119947-06	
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	USO Y CONSUMO	USO Y CONSUMO	USO Y CONSUMO	
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Bebida	Bebida	Bebida	
Localización de la Muestra			Río Grande	Río Porcón	Río Ronquillo	Av. Perú N° 613	Av. Independencia N° 418	Av. Vía de Evitamiento Sur Manzana J lote 10	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales						
Plata (Ag)	mg/L	0.019	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Aluminio (Al)	mg/L	0.023	0.242	0.408	0.052	0.053	0.060	-	
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Boro (B)	mg/L	0.026	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.045	0.052	0.038	0.039	0.036	-	
Berilio (Be)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	178.6	28.96	61.26	67.39	66.06	-	
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Cobre (Cu)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	0.036	0.036	-	
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	0.084	0.617	0.031	<LCM	<LCM	-	
Potasio (K)	mg/L	0.051	3.007	2.459	0.674	0.766	0.698	-	
Litio (Li)	mg/L	0.005	0.010	<LCM	0.005	<LCM	<LCM	-	
Magnesio (Mg)	mg/L	0.019	2.897	4.192	5.910	6.140	6.016	-	
Manganeso (Mn)	mg/L	0.003	0.069	0.154	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	0.004	<LCM	0.004	0.004	<LCM	-	
Sodio (Na)	mg/L	0.026	23.72	9.607	3.394	3.470	3.409	-	
Níquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Fósforo (P)	mg/L	0.024	0.045	0.153	0.048	0.042	0.036	-	
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Azufre (S)	mg/L	0.091	163.4	23.56	3.534	3.626	3.486	-	
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Selenio (Se)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Silicio (Si)	mg/L	0.104	6.493	12.51	6.476	5.905	6.132	-	
Estroncio (Sr)	mg/L	0.003	0.578	0.267	0.358	0.377	0.369	-	
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	0.009	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Zinc (Zn)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	0.064	<LCM	-	
Cerio	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	<LCM	0.009	0.008	-	
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	





LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N°

Cajamarca, 03 de Diciembre de 2019.

IE 1119947

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	RGAM		RPAM	RRSA	R3SA	R4M	R4CLM	
Código Laboratorio	1119947-01		1119947-02	1119947-03	1119947-04	1119947-05	1119947-06	
Matriz	NATURAL		NATURAL	NATURAL	USO Y CONSUMO	USO Y CONSUMO	USO Y CONSUMO	
Descripción	Superficial		Superficial	Superficial	Bebida	Bebida	Bebida	
Localización de la Muestra	Río Grande		Río Porcón	Río Ronquillo	Av. Perú N° 613	Av. Independencia N° 418	Av. Vía de Evitamiento Sur Manzana J lote 10	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Turbidez	NTU	0.09	1.85	6.57	3.33	<LCM	<LCM	-
° pH a 25°C	pH	NA	7.27	7.34	7.31	7.28	7.33	-
(*) Dureza Total	mg/L	0.5	457.3	91.9	176.3	193.0	192.3	-
Cianuro Total	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
(*) Cloro Residual	mg Cl ₂ /L	0.1	-	-	-	-	-	0.45

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	R3CLSA		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	1119947-07		-	-	-	-	-	-
Matriz	USO Y CONSUMO		-	-	-	-	-	-
Descripción	Bebida		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Av. Perú N° 613		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(*) Cloro Residual	mg Cl ₂ /L	0.1	0.33	-	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			BIOLÓGICOS					
Código Cliente	RGAM		RPAM	RRSA	R3SA	R4M	-	
Código Laboratorio	1119947-01		1119947-02	1119947-03	1119947-04	1119947-05	-	
Matriz	NATURAL		NATURAL	NATURAL	USO Y CONSUMO	USO Y CONSUMO	-	
Descripción	Superficial		Superficial	Superficial	Bebida	Bebida	-	
Localización de la Muestra	Río Grande		Río Porcón	Río Ronquillo	Av. Perú N° 613	Av. Independencia N° 418		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Escherichia coli	NMP/ 100mL	1.8	240	16 x 10 ²	79	<1.1	<1.1	

Nota: Los Resultados <1.8 y <1.1: significa que el resultado es equivalente a cero.



Cajamarca, 03 de Diciembre de 2019.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1119947

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Tl, Ti, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Mercurio por AAS-CV	mg/L	EPA 245.1. Rev 3.0. 1994. (Validado) 2014. Determination of mercury in water by cold vapor atomic absorption spectrometry
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B. 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+ B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method
Cianuro Total	mg/L	ASTM D7511-12.2012. Standard Test Method for Total Cyanide by Segmented Flow Injection Analysis, In-Line Ultraviolet Digestion and Amperometric Detection.
Cloro Residual	mg Cl/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl G, 23rd Ed. 2017 : DPD Colorimetric Method.
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G. 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures.
Muestreo de Aguas de Uso y consumo Humano	-	Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano. RD.160-2015/DIGESA/SA.
Muestreo de Aguas Naturales- superficial	-	Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos superficiales. RJ N° 010-2016-ANA

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev.N°06 Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 03 de Diciembre de 2019.



LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

8.4. Resultados del análisis de agua pre y post tratada de las plantas de tratamiento El Milagro y Santa Apolonia: Muestra 2 (M2) de fecha 06/12/2019.

Tabla 6. Informe del Ensayo de agua pre y post tratada (M2)

 <p>LABORATORIO REGIONAL AGUA</p>	<p>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA</p> <p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084</p>	 <p>INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 084</p>	
<p>INFORME DE ENSAYO N° IE 12191002</p>			
<p>DATOS DEL CLIENTE/USUARIO</p>			
Razon Social/Usuario	CESAR GUEVARA HOYOS		
Dirección	Chota		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	cguevarah@unc.edu.pe
<p>DATOS DE LA MUESTRA</p>			
Fecha del Muestreo	06.12.19	Hora de Muestreo	08:53 a 11:32
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestras	07 Muestra	N° Frascos x muestra	01 a 03
Ensayos solicitados	Físicosquímicos y Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de Volumen y Preservación		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el Laboratorio		
Procedencia de la Muestra:	CAJAMARCA		
<p>DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO</p>			
N° Contrato	SC - 1094	Cadena de Custodia	CC - 1002 -19
Fecha y Hora de Recepción	06.12.19	12:05	Inicio de Ensayo 06.12.19 12:30
Reporte Resultado	17.12.19	16:00	
 <p>Ing. Edder Miguel Neyra Jaico Responsable de Oficina CIP: 147028</p>			
<p>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA</p>			
<p>Cajamarca, 17 de Diciembre de 2019.</p>			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 12191002

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			RGAM	RPAM	RRSA	R3SA	R4M	R3CLSA
Código Laboratorio			12191002-01	12191002-02	12191002-03	12191002-04	12191002-05	12191002-06
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	USO Y CONSUMO	USO Y CONSUMO	USO Y CONSUMO
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Bebida	Bebida	Bebida
Localización de la Muestra			Río Grande	Río Porcón	Río Ronquillo	Av. Perú N° 613	Av. Independencia 418	Casa Av. Perú
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.019	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.023	8.786	2.392	0.322	0.062	0.067	-
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Boro (B)	mg/L	0.026	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.149	0.060	0.039	0.041	0.040	-
Berilio (Be)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	99.29	19.46	56.77	59.84	57.61	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.018	0.022	<LCM	<LCM	0.059	0.060	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	7.565	2.282	0.187	<LCM	<LCM	-
Potasio (K)	mg/L	0.051	3.624	2.300	0.884	0.867	0.889	-
Litio (Li)	mg/L	0.005	0.008	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.019	4.999	3.473	5.116	5.563	5.523	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.003	0.256	0.178	0.004	<LCM	<LCM	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	0.003	<LCM	0.002	<LCM	<LCM	-
Sodio (Na)	mg/L	0.026	20.07	6.883	3.359	3.386	3.477	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Fósforo (P)	mg/L	0.024	0.141	0.195	0.038	<LCM	<LCM	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Azufre (S)	mg/L	0.091	91.5	13.50	2.517	6.171	6.081	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Selenio (Se)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Silicio (Si)	mg/L	0.104	26.76	14.32	7.615	6.688	6.588	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.003	0.507	0.211	0.313	0.344	0.338	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	0.138	0.029	0.016	0.010	0.009	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Vanadio (V)	mg/L	0.004	0.025	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.018	0.026	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	-
Cerio	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-



Cajamarca, 17 de Diciembre de 2019.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 12191002

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			RGAM	RPAM	RRSA	R3SA	R4M	R3CLSA
Código Laboratorio			12191002-01	12191002-02	12191002-03	12191002-04	12191002-05	12191002-06
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	USO Y CONSUMO	USO Y CONSUMO	USO Y CONSUMO
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Bebida	Bebida	Bebida
Localización de la Muestra			Río Grande	Río Porcón	Río Ronquillo	Av. Perú N° 613	Av. Independencia 418	Casa Av. Perú
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Turbidez	NTU	0.09	189.43	42.08	7.55	0.12	<LCM	-
° pH a 25°C	pH	NA	7.17	7.42	7.43	7.32	7.38	-
(*) Dureza Total	mg/L	0.5	271.5	65.6	162.8	169.2	165.3	-
Cianuro Total	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
(*) Cloro Residual	mg Cl ₂ /L	0.1	-	-	-	-	-	0.69

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			R4CLM	-	-	-	-	-
Código Laboratorio			12191002-07	-	-	-	-	-
Matriz			USO Y CONSUMO	-	-	-	-	-
Descripción			Bebida	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Vía de evitamiento sur Mz J lote 10	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(*) Cloro Residual	mg Cl ₂ /L	0.1	0.31	-	-	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			BIOLÓGICOS					
Código Cliente			RGAM	RPAM	RRSA	R3SA	R4M	-
Código Laboratorio			12191002-01	12191002-02	12191002-03	12191002-04	12191002-05	-
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	USO Y CONSUMO	USO Y CONSUMO	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Bebida	Bebida	-
Localización de la Muestra			Río Grande	Río Porcón	Río Ronquillo	Av. Perú N° 613	Av. Independencia 418	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Escherichia coli	NMP/ 100mL	1.8/1.1	79	92 x 10 ²	140	<1.1	<1.1	-

Nota: Los Resultados <1.8 y <1.1: significa que el resultado es equivalente a cero.



Cajamarca, 17 de Diciembre de 2019.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 12191002

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Mercurio por AAS-CV	mg/L	EPA 245.1. Rev 3.0. 1994. (Validado) 2014. Determination of mercury in water by cold vapor atomic absorption spectrometry
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130. B. 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method
Cianuro Total	mg/L	ASTM D7511-12 2012. Standard Test Method for Total Cyanide by Segmented Flow Injection Analysis, In-Line Ultraviolet Digestion and Amperometric Detection.
Cloro Residual	mg Cl/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl G, 23rd Ed. 2017 : DPD Colorimetric Method.
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G. 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures.
Muestreo de Aguas de Uso y consumo Humano	-	Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano. RD.160-2015/DIGESA/SA.
Muestreo de Aguas Naturales- superficial	-	Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos superficiales. RJ N° 010-2016-ANA

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev.N°06 Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 17 de Diciembre de 2019.



LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

8.5. Resultados del análisis de agua pre y post tratada de las plantas de tratamiento El Milagro y Santa Apolonia: Muestra 3 (M3).

Tabla 7. Informe del Ensayo de agua pre y post tratada (M3)

 <p>LABORATORIO REGIONAL AGUA</p>	<p>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA</p> <p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084</p>	 <p>INACAL DA-Perú Acreditado Registro N° LE - 084</p>	
INFORME DE ENSAYO N° IE 12191037			
DATOS DEL CLIENTE/USUARIO			
Razon Social/Usuario	CESAR GUEVARA HOYOS		
Dirección	Chota		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	cguevarah@unc.edu.pe
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	20.12.19	Hora de Muestreo	09:10 a 11:59
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestras	07 Muestra	N° Frascos x muestra	01 a 03
Ensayos solicitados	Fisicosquímicos y Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de Volumen y Preservación		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el Laboratorio		
Procedencia de la Muestra:	CAJAMARCA		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC - 1094	Cadena de Custodia	CC - 1037 -19
Fecha y Hora de Recepción	20.12.19	12:34	Inicio de Ensayo 20.12.19 12:50
Reporte Resultado	02.01.2020	09:00	
			
<p>Ing. Edder Miguel Neyra Jaico Responsable de Oficina CIP: 147028</p>			
<p>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA</p>			
<p>Cajamarca, 02 de Enero de 2020.</p>			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 12191037

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			RGAM	RPAM	RRSA	R3SA	R4M	R3CLSA
Código Laboratorio			12191037-01	12191037-02	12191037-03	12191037-04	12191037-05	12191037-06
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	USO Y CONSUMO	USO Y CONSUMO	USO Y CONSUMO
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Bebida	Bebida	Bebida
Localización de la Muestra			Río Grande	Río Porcón	Río Ronquillo	Av. Perú N° 613	Av. Independencia 418	Casa Av. Perú
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.019	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.023	5.654	7.821	3.774	0.024	0.027	-
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Boro (B)	mg/L	0.026	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.109	0.097	0.053	0.016	0.038	-
Berilio (Be)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	90.45	27.66	53.76	21.34	52.22	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.067	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	3.351	5.904	1.968	<LCM	<LCM	-
Potasio (K)	mg/L	0.051	3.119	2.748	2.266	0.476	1.671	-
Litio (Li)	mg/L	0.005	0.006	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.019	3.983	4.327	4.078	1.716	4.005	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.003	0.156	0.270	0.035	<LCM	<LCM	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Sodio (Na)	mg/L	0.026	15.90	6.925	2.664	1.142	3.094	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Fósforo (P)	mg/L	0.024	0.140	0.249	0.297	0.030	0.026	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	-
Azufre (S)	mg/L	0.091	75.44	12.83	2.297	3.254	12.78	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Selenio (Se)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Silicio (Si)	mg/L	0.104	17.08	22.54	13.14	2.337	6.996	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.003	0.446	0.251	0.259	0.104	0.251	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	0.135	0.119	0.093	<LCM	0.008	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Vanadio (V)	mg/L	0.004	0.017	0.024	0.012	<LCM	<LCM	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.018	<LCM	0.033	<LCM	1.140	<LCM	-
Cerio	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-



Cajamarca, 02 de Enero de 2020.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 12191037

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			RGAM	RPAM	RRSA	R3SA	R4M	R3CLSA
Código Laboratorio			12191037-01	12191037-02	12191037-03	12191037-04	12191037-05	12191037-06
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	USO Y CONSUMO	USO Y CONSUMO	USO Y CONSUMO
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Bebida	Bebida	Bebida
Localización de la Muestra			Río Grande	Río Porcón	Río Ronquillo	Av. Perú N° 613	Av. Independencia 418	Casa Av. Perú
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Turbidez	NTU	0.09	43.33	95.48	55.13	0.59	0.18	-
* pH a 25°C	pH	NA	5.95	6.05	7.35	6.95	6.85	-
(* Dureza Total	mg/L	0.5	244.0	88.6	147.8	61.8	143.9	-
Cianuro Total	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
(* Cloro Residual	mg Cl ₂ /L	0.1	-	-	-	-	-	0.35

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			R4CLM	-	-	-	-	-
Código Laboratorio			12191037-07	-	-	-	-	-
Matriz			USO Y CONSUMO	-	-	-	-	-
Descripción			Bebida	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Via de evitamiento sur Mz J lote 10	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(* Cloro Residual	mg Cl ₂ /L	0.1	0.21	-	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			BIOLÓGICOS					
Código Cliente			RGAM	RPAM	RRSA	R3SA	R4M	-
Código Laboratorio			12191037-01	12191037-02	12191037-03	12191037-04	12191037-05	-
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	USO Y CONSUMO	USO Y CONSUMO	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Bebida	Bebida	-
Localización de la Muestra			Río Grande	Río Porcón	Río Ronquillo	Av. Perú N° 613	Av. Independencia 418	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Escherichia coli	NMP/ 100mL	1.8/1.1	350	54 x 10 ²	16 x 10 ²	2.2	<1.1	-

Nota: Los Resultados <1.8 y <1.1, significa que el resultado es equivalente a cero.



Cajamarca, 02 de Enero de 2020.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**



INFORME DE ENSAYO N° IE 12191037

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Mercurio por AAS-CV	mg/L	EPA 245.1. Rev 3.0. 1994. (Validado) 2014. Determination of mercury in water by cold vapor atomic absorption spectrometry
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2130. B. 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-H+ B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method
Cianuro Total	mg/L	ASTM D7511-12.2012. Standard Test Method for Total Cyanide by Segmented Flow Injection Analysis, In-Line Ultraviolet Digestion and Amperometric Detection.
Cloro Residual	mg Cl/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl G, 23rd Ed. 2017 : DPD Colorimetric Method.
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G. 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures.
Muestreo de Aguas de Uso y consumo Humano	-	Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano. RD.160-2015/DIGESA/SA.
Muestreo de Aguas Naturales- superficial	-	Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos superficiales. RJ N° 010-2016-ANA

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°06 Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 02 de Enero de 2020.



LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

8.6. Panel Fotográfico



Captación río Ronquillo, planta de tratamiento de agua potable Santa Apolonia



Foto aguas arriba de la captación río Ronquillo.



Captación río Ronquillo, planta de tratamiento de agua potable Santa Apolonia



Captación río Ronquillo, planta de tratamiento de agua potable Santa Apolonia





Ciudad de Cajamarca, parte colindante con la captación del río Ronquillo



Río Porcón, punto donde se une el río Tual, afluente de la planta de tratamiento de agua potable el Milagro



Se observa la contaminación antes de la captación del río Porcón



Se observa la contaminación antes de la captación del río Porcón



Aguas arriba de la captación del río Porcón



Toma de muestra de agua pre tratada del río Grande, afluente de la planta de tratamiento El Milagro, en época de lluvia.



Registro de datos de las muestras tomadas en río Grande



Etiquetado de frascos para la toma de muestras.



Toma de muestra de agua pre tratada del río Porcón, afluente de la planta de tratamiento El Milagro, época de lluvia.





Toma de muestra de agua pre tratada del río Ronquillo, afluente de la planta de tratamiento de agua Santa Apolonia, en época de lluvia.

FECHA DE EMISIÓN: 28/09/2018

Cajamarca

Cadena de Custodia										
Solicitante										
Solicitud Cotización:										
Procedencia de la muestra:										
Persona que Colecta la Muestra										
Correo Electrónico / N° Teléfono										
Fecha de muestreo:		TIPO DE RECIPIENTE								
Item	Identificación de la Muestra (Nombre del punto de muestreo o código asignado)	Localización de la Muestra (Zona de ubicación o coordenadas UTM WGS84)	Hora de muestreo	Tipo de muestra (S/C/I)	Tipo de Matriz	N° Total Recipientes	pH	Conductividad	Turbidez	Aniones
1	RGAM	Río Grande - Cajamarca	8:53 AM	S	AS	3				
2	RPAM	Río Porson - Cajamarca	9:31 AM	S	AS	3				
3	RRASA	Río Rayquillo aguas Sancti Apolonia	10:10 AM	S	AS	3				
4	R3SA	Reservorio Santa Apolonia - Caj.	10:59 AM	S	UACH	3				
5	R4M	Reservorio el Helado Cajamarca	11:12 AM	S	UACH	3				
6	R3CLSA	Casa Av. Poné	10:31 AM		RUCHA	1				
7	R4CLM	Av Independencia 418	11:32 AM		RUCHA	1				
Entrega de Muestra en el Laboratorio										
Nombre		Firma		Fecha y Hora		Rece				
EWCR		<i>[Firma]</i>				N°				

Hoja de registro de datos de las muestras de agua pre y post tratada.