

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**CALIDAD FISICOQUÍMICA Y BACTERIOLOGICA DEL AGUA
DE CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE SAMAN,
PROVINCIA DE AZANGARO – PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Br. JOSE ANTONIO MARTINEZ OLIVARES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**CALIDAD FISICOQUÍMICA Y BACTERIOLOGICA DEL AGUA DE
CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE SAMAN, PROVINCIA DE
AZANGARO – PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Br. JOSE ANTONIO MARTINEZ OLIVARES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

FECHA DE SUSTENTACION: 15 DE DICIEMBRE DEL 2017

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO : Ing. M.Sc. Felix Rodolfo MEZA ROMUALDO

PRIMER MIEMBRO : Blgo. Herminio René ALFARO TAPIA

SEGUNDO MIEMBRO : Mg. Dante MAMANI SAIRITUPAC

DIRECTOR DE TESIS : Blgo. M.Sc. Eva LAURA CHAUCA

**AREA: CIENCIAS BIOMÉDICAS
TEMA: DIAGNÓSTICO Y EPIDEMIOLOGÍA
LINEA: MICROBIOLOGÍA DEL AGUA**

DEDICATORIA

A Dios por siempre guiarme, por su protección y bendición espiritual.

A mi mamita Luisa que en paz descansa, por siempre animarme a cumplir mis objetivos.

A Mamá Dora y Papá Vale por darme la vida, por su amor incondicional, por la educación brindada y ser siempre mi ejemplo a seguir.

A mis hijos Andréé Jesahel y Minerva Nicoll por ser el motor y fuente inagotable de superación en mi vida.

A Ney Ruth por su amor y apoyo incondicional que me impulsan a ser mejor en la vida.

A mis hermanos Dante, Marco, Luis, Percy mi hermana Verónica, por su apoyo y motivación que me brindaron en cada momento.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad de Ciencias Biológicas y los docentes que me formaron como profesional.

A la Dra. Eva Laura Chauca, por su invaluable dirección y apoyo brindado para la culminación del trabajo de investigación.

A mis Jurados de tesis Ing. M.Sc. Félix Rodolfo Meza Romualdo, Blgo. Herminio René Alfaro Tapia, Mg. Dante Mamani Sairitupac, por su tiempo valioso dedicado a las revisiones y correcciones del trabajo de investigación

A mis amigos Lic. Wilber Cornejo Pilco, Lic. Katherine Vanessa Calsin Ramírez encargados de área de Control de Calidad de la EPS. SEDAJULIACA SA., por brindarme el apoyo en la ejecución de la investigación.

A mis amigos Fredy Machaca, Wilber Cornejo, José Leodan Quispe, Fredy Melendrez, Iván Torres, Richard Calsina y todo el grupo humano que forma parte del equipo de futsal del Colegio Profesional de Biólogos de la ciudad de Juliaca, por siempre impulsarme a concretar la tesis.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE GENERAL.....	iv
INDICE DE TABLAS.....	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCION.....	8
1.1 Objetivo general	8
1.2 Objetivos específicos	9
II. REVISION DE LITERATURA	10
2.1 ANTECEDENTES	10
2.2 MARCO TEÓRICO	14
2.3 Marco Conceptual	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1 Área de estudio.....	26
3.2 Tipo de estudio	27
3.3 Población y muestra.....	27
3.4 Metodología	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	34
4.1 Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de ingreso (Rio Ramis) a la planta de tratamiento del distrito de Samán.....	34
4.2 Parámetros parámetros físico - químicos y bacteriológicos del agua de salida de la planta de tratamiento del distrito de Samán.....	41
4.3 Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de consumo humano en la red de distribución domiciliaria del Distrito de Samán.....	46
V. CONCLUSIONES.....	54
VI. RECOMENDACIONES.....	55
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	56
ANEXOS	62

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	18
Tabla 2. Límites máximos permisibles de los parámetros físico-químicos.....	19
Tabla 3. Parámetros microbiológicos de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.....	22
Tabla 4. Límites máximos permisibles (LMP) referenciales de los parámetros de calidad del agua	23
Tabla 5. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos.....	23
Tabla 6. Número de muestras de agua por zona y tiempo 2016.	27
Tabla 7. Parámetros físicos del agua de ingreso a la planta de tratamiento del distrito de Samán.....	34
Tabla 8. Parámetros químicos del agua de ingreso a la planta de tratamiento del Distrito de Samán.	37
Tabla 9. Parámetros bacteriológicos del agua de ingreso a la planta de tratamiento.	40
Tabla 10. Parámetros físicos del agua de salida de la planta de tratamiento del Distrito de Samán	41
Tabla 11. Parámetros físicos del agua de salida de la planta de tratamiento del Distrito de Samán	43
Tabla 12. Parámetros bacteriológicos del agua de salida de la planta de tratamiento del Distrito de Samán	45
Tabla 13. Parámetros físicos del agua de consumo humano en la red de distribución domiciliar del Distrito de Samán.	47
Tabla 14. Parámetros químicos del agua de consumo humano en la red de distribución domiciliar del Distrito de Samán.	49
Tabla 15. Parámetros bacteriológicos del agua de consumo humano en la red de distribución domiciliar del Distrito de Samán.	51
Tabla 16. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de consumo humano en el distrito de Samán.....	53

RESUMEN

El estudio se realizó en el distrito de Samán, provincia de Azángaro en la región Puno. Durante los meses de febrero – mayo 2016. Los objetivos fueron determinar la calidad bacteriológica y físico-química de agua de consumo humano. Se analizaron muestras procedentes de ingreso, salida de planta de tratamiento y red domiciliaria. Se aplicó la metodología, de la Norma Técnica Peruana (2001), manual de análisis HACH (2000), y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS. 031-2010 DIGESA, realizados en el laboratorio de control de calidad de la EPS. SEDA JULIACA SA. Los resultados fisicoquímicos obtenidos en el ingreso a la planta de tratamiento: temperatura 18.6°C, conductividad eléctrica 471.6 $\mu\text{s}/\text{cm}$, sólidos disueltos totales 232.4 mg/l, pH 7.75, dureza total 215.5 mg/L, sulfatos 104.5 mg/L y cloruros 33.9 mg/l; bacterias coliformes totales y termotolerantes 467 y 392 UFC/100ml. En la salida de la planta de tratamiento: temperatura 19 °C, conductividad eléctrica 686.6 $\mu\text{s}/\text{cm}$, sólidos disueltos totales 329.6 mg/L, pH 7.29, dureza total 276.5 mg/L, sulfatos 138.5 mg/L y cloruros 48.1 mg/L; bacterias coliformes totales y termotolerantes 32 y 26 UFC/100ml. En la red de distribución domiciliaria con flujo y sin flujo respectivamente: temperatura 19.5 y 19.5 °C, conductividad eléctrica 678.8 y 684.1 $\mu\text{s}/\text{cm}$, sólidos disueltos totales 326.6 y 329.5 mg/L, pH 7.35 y 7.37, dureza total 243 y 249 mg/L, los sulfatos 139 y 135 mg/L, los cloruros 47 y 47 mg/L; bacterias coliformes totales 64.13 y 42.13 UFC/100ml y coliformes termotolerantes 78.13 y 65.13 UFC/100ml. Los parámetros bacteriológicos determinados sobrepasan los límites permisibles según el Reglamento de calidad de agua para consumo humano D.S. 031-2010 DIGESA por lo que estas aguas no son aptas para el consumo humano.

Palabras Clave: Agua, calidad bacteriológica, fisicoquímico, coliformes totales, coliformes termotolerantes.

ABSTRACT

The study was conducted in the district of Samán, province of Azángaro of the Puno region. During the months of February - May 2016. The objectives were to determine the bacteriological and physical-chemical quality of water for human consumption. Samples from admission, discharge from the treatment plant and domiciliary network were analyzed. The methodology was applied, from the Peruvian Technical Standard (2001), the HACH analysis manual (2000), and the Water Quality Regulation for human consumption DS. 031-2010 DIGESA, made in the quality control laboratory of the EPS. SILED A JULIACA SA The physicochemical results obtained at the entrance to the treatment plant: temperature 18.6 ° C, electrical conductivity 471.6 $\mu\text{s} / \text{cm}$, total dissolved solids 232.4 mg / l, pH 7.75, total hardness 215.5 mg / L, sulfates 104.5 mg / L and chlorides 33.9 mg / l; total coliform and thermotolerant bacteria 467 and 392 CFU / 100ml. At the outlet of the treatment plant: temperature 19 ° C, electrical conductivity 686.6 $\mu\text{s} / \text{cm}$, total dissolved solids 329.6 mg / L, pH 7.29, total hardness 276.5 mg / L, sulfates 138.5 mg / L and chlorides 48.1 mg / L ; total coliform and thermotolerant bacteria 32 and 26 CFU / 100ml. In the home distribution network with flow and without flow respectively: temperature 19.5 and 19.5 ° C, electrical conductivity 678.8 and 684.1 $\mu\text{s} / \text{cm}$, total dissolved solids 326.6 and 329.5 mg / L, pH 7.35 and 7.37, total hardness 243 and 249 mg / L, sulfates 139 and 135 mg / L, chlorides 47 and 47 mg / L; total coliform bacteria 64.13 and 42.13 CFU / 100ml and thermotolerant coliforms 78.13 and 65.13 CFU / 100ml. The determined bacteriological parameters exceed the permissible limits according to the Regulation of quality of water for human consumption D.S. 031-2010 DIGESA so these waters are not suitable for human consumption.

Key words: Water, bacteriological quality, physicochemical, total coliforms, thermotolerant coliforms.

INTRODUCCION

El agua es una fuente esencial para mantener la vida y la salud de los seres vivos, por lo cual es necesario consumir agua que reúna condiciones físico-químicas y biológicas aceptables que garanticen la salud. El agua de consumo humano debe cumplir parámetros de calidad para ser considerado inocuo y no dañe la salud de los usuarios (OMS, 2006), en el afloramiento de los reservorios naturales y en su trayecto se agregan gérmenes de diferentes fuentes de contaminación (Cáceres, 2002).

La contaminación de las aguas con el crecimiento poblacional es una gran preocupación, en el país, en los lugares más alejados a la capital, la población se ve en la necesidad de abastecerse de agua de diferentes fuentes o recursos acuáticos. El distrito de Samán, no cuenta con una empresa prestadora de servicios de agua potable y sistemas de saneamiento se abastece de agua del río Ramis, el cual es captada a un reservorio primario, a partir del cual se extrae el agua con una motobomba a una pequeña planta de tratamiento donde se realiza un tratamiento de cloración, para luego ser almacenada en un reservorio, a partir del cual mediante una red de distribución a las piletas domiciliarias de la población.

Se propone el presente estudio, puesto que el mayor porcentaje de la población desconoce la calidad sanitaria, por lo que sus habitantes vienen consumiendo agua posiblemente contaminada que traerían consigo graves consecuencias para la salud pública. Ante la falta de estudios de calidad de agua, la investigación permitirá conocer la calidad físicoquímica y bacteriológica de la fuente de agua que es el río Ramis en la zona de captación o entrada a la planta de tratamiento, luego la salida que determinará en qué medida es efectivo el tratamiento utilizado y cuál será la calidad de las aguas que se distribuyen en las piletas domiciliarias para así conocer la calidad de agua que consume el poblador del distrito de Samán, provincia de Azángaro, por lo que se ha planteado el estudio con los siguientes objetivos:

1.1 Objetivo general

- Determinar la calidad físicoquímica y bacteriológica del agua de consumo humano en el distrito de Samán, provincia de Azángaro – Puno.

1.2 Objetivos específicos

- Evaluar los parámetros físico - químicos y bacteriológicos del agua de ingreso (Rio Ramis) a la planta de tratamiento del distrito de Samán.
- Evaluar los parámetros físico - químicos y bacteriológicos del agua de salida de la planta de tratamiento del distrito de Samán.
- Determinar la calidad físico - química y bacteriológica del agua de consumo humano en la red de distribución domiciliaria del distrito de Samán.

REVISION DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

EMSA Puno S.A. (2004), realizó el control de la calidad físico – química, en la planta de tratamiento de agua potable de Aziruni (Puno), reportó promedios de pH 7.3 y sólidos disueltos totales 696.72 mg/l. Por otro lado la Entidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Coronel Portillo S.A. (2004), analizó el agua potable en Piura reportando valores físico – químicos en la planta de tratamiento, dureza total 4 mg/l, cloruros 4 mg/dl, sulfatos 4 mg/l, temperatura 14 °C; en el reservorio Micaela Bastidas y reservorio Palmeras: pH 3.0, dureza total 4 mg/l, cloruros 4 mg/l, sulfatos 4 mg/l, temperatura 14 °C.

Vilca (2011), investigó la calidad bacteriológica fisicoquímica del agua de consumo humano en Vilque; reportó en el reservorio de agua pH 6.59, conductividad eléctrica 178.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$, temperatura 14.96°C, sólidos disueltos totales 80.9 mg/l, dureza total 209.96 mg/l, cloruros 6.8 mg/l, Yanapa (2012), investigó la calidad organoléptica, fisicoquímica y bacteriológica del agua potable de la ciudad de Ilave – Puno; en la planta de tratamiento y reservorio; obtuvo temperatura de 16.77 °C, pH 7.53, dureza total 79.33 mg/l; cloruros 20.43 mg/l, sulfatos 14.70 mg/l, sólidos disueltos totales 123.37 mg/l. Así también Salazar (2015) investigó la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua en el sistema de abastecimiento para consumo humano en la ciudad de Juliaca, reportó pH 7.31 – 7.78, dureza total 185 - 310 mg/l; cloruros 0.7 – 1.6 mg/l, sulfatos 65 - 90 mg/l, sólidos disueltos totales 499 - 594 mg/l

DIGESA (2006), analizó el agua potable del distrito de Anco (Ayacucho), reportó parámetros físico – químicos de pH 8.4, sólidos disueltos totales 152.6 mg/l, dureza total 250 mg/l y cloruros 345 mg/l. Oruna (2010), en su trabajo Calidad bacteriológica y físico – químico del agua potable de la ciudad de Puno, obtuvo pH 6.24 – 8.80, conductividad 2.41 – 1646 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dureza total 44.15 – 166.00 mg/l, sólidos disueltos totales 352.00 – 1613.00 mg/dl, concentración de solutos de 7.80 – 1550.00 mg/ml.

EMSA Puno S.A. (2011), analizó la calidad del agua potable en el distrito de Desaguadero, para la red de distribución en la zona Cumi reportó temperatura 14.6 °C,

pH 5.7, sólidos disueltos 294.0 mg/l, dureza total 226.71 mg/l, cloruros 34.75 mg/l, sulfatos 88.00 mg/l. Mientras que en la zona Calacala, temperatura 14.7 °C, pH 5.5, sólidos disueltos totales 371.0 mg/l, dureza total 379.03 mg/l, cloruros 44.97 mg/l, sulfatos 180.0 mg/l. Así también Mendoza (2011), realizó el estudio sobre la microbiología y factores físicos del agua del río Ilave, obtuvo temperatura 12.58°C, pH 7.32.

Yanapa (2012), analizó la calidad bacteriológica del agua potable de la ciudad de Ilave en la planta de tratamiento y reservorio, reportó: temperatura 16.77 °C, pH 7.53, dureza total 79.33 mg/L, cloruros 20.43 mg/L, sulfatos 14.70 mg/L, sólidos disueltos 123.37 mg/L. EMSA Puno S.A. (2011), analizó la calidad del agua potable en el distrito de Desaguadero, para el reservorio en la zona Cumi, reportó temperatura 14.7 °C, pH 5.8, sólidos disueltos totales 296.0 mg/l. Mientras que en la zona Calacala, reportó temperatura 14.7 °C, pH 5.8, sólidos disueltos totales 356.0 mg/l.

Quispe (2010), estudió los parámetros físico – químicos e indicadores bacterianos de contaminación fecal en agua de consumo humano de la ciudad de Aplao, Arequipa, obteniendo promedios de: pH 8.0, temperatura 19.8°C, sólidos disueltos totales 397.6 mg/l, cloruros 81.2 mg/l, sulfatos 401.6 mg/l. Por otro lado Flores (2014) en su estudio parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del río Coata, zona potamal (Puno), reporta pH 7.5, temperatura 12.94 °C, sólidos disueltos totales 553 mg/l, sulfatos 73.46 mg/l.

Yanapa (2012), investigó la calidad organoléptica, fisicoquímica y bacteriológica del agua potable de la ciudad de Ilave – Puno; en la planta de tratamiento y reservorio; obtuvo temperatura de 16.77 °C, pH 7.53, dureza total 79.33 mg/l; cloruros 20.43 mg/l, sulfatos 14.70 mg/l, sólidos disueltos totales 123.37 mg/l. Así también Salazar (2015) investigó la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua en el sistema de abastecimiento para consumo humano en la ciudad de Juliaca, reportó pH 7.31 – 7.78, dureza total 185 - 310 mg/l; cloruros 0.7 – 1.6 mg/l, sulfatos 65 - 90 mg/l, sólidos disueltos totales 499 - 594 mg/l.

Vilca (2011), investigó la calidad bacteriológica fisicoquímica del agua de consumo humano en la localidad de Vilque; reportó para la fuente del manantial, pH 6.81, conductividad eléctrica 185 µs/cm, temperatura 15.14°C, sólidos disueltos totales 85.93

mg/l, dureza total 187 mg/l, cloruros 8.22 mg/l. Abad (2014), determinó la calidad fisicoquímica y bacteriológica de cinco manantiales de agua del distrito de Jacas Chico, los resultados obtenidos estuvieron entre 7.54 a 8.14 de pH; temperatura 8.29 a 10.88°C, conductividad 0.32 a 0.62 uS/cm: solidos totales 43.00 a 152.00 mg/l, cloruros 27.80 a 33.10 mg/l, dureza total 43.92 a 155.45 mg/l, sulfatos 14.33 a 69.88 mg/l. Vilca (2011), reportó para las piletas domiciliarias, pH 6.3, la conductividad eléctrica 171.67 μ S/cm, temperatura 14.96°C, sólidos disueltos totales 73.7 mg/l, dureza total 176.64 mg/l, cloruros 6.81 mg/l.

Marchand (2002), en su estudio de microorganismos indicadores de calidad de agua para consumo humano en Lima – Metropolitana, determinó que el agua proveniente de la red pública no presentaba contaminación microbiológica. La contaminación se presentó en el sistema de abastecimiento y distribución, coliformes totales en 70% y coliformes termotolerantes 52.50%. Vilca (2011), investigó la calidad bacteriológica fisicoquímica del agua de consumo humano en la localidad de Vilque; reportó coliformes totales y fecales para la fuente del manantial 18.33 NMP/100 ml y 6.67 NMP/100 ml; en el reservorio de agua 6.67 NMP/100 ml y 6.67 NMP/100 ml; y en las piletas domiciliarias 21.67 NMP/100 ml y 38.33 NMP/100 ml.

Entidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Coronel Portillo S.A. (2004), analizó el agua potable reportó parámetros bacteriológicos de coliformes totales 25 NMP/100 ml, coliformes totales 4 NMP/100 ml. DIGESA (2006), analizó el agua potable del distrito de Anco, provincia de la Mar, Ayacucho – Perú, determinando los parámetros bacteriológicos de 70 NMP/100 ml de coliformes totales y 7 NMP/100 ml de coliformes fecales. De igual manera Oruna (2010), en su trabajo Calidad bacteriológica y físico – químico del agua potable de la ciudad de Puno, obtuvo coliformes totales de 0 – 200 NMP/100 ml y coliformes fecales de 0 – 7 NMP/100ml.

Mendoza (2011), realizó estudio de la microbiología y factores físicos del agua de las desembocaduras de los principales ríos del Lago Titicaca, donde obtuvo coliformes totales 10,000 NMP/100 ml y coliformes fecales 1500/100ml. Yanapa (2012), analizó la calidad bacteriológica del agua Potable de la ciudad de Ilave en la planta de tratamiento y reservorio, reportó y coliformes totales 30.83 NMP/100ml y coliformes fecales fue de 1.83 NMP/ 100ml

Quispe (2010), investigó los parámetros físico – químicos e indicadores bacterianos de contaminación fecal en agua de consumo humano de la ciudad de Aplao, Arequipa, reportó coliformes totales 4,200 NMP/100 ml y coliformes fecales 1,881 NMP/100 ml. Abad (2014), en la investigó la calidad fisicoquímica y bacteriológica de cinco manantiales de agua del distrito de Jacas Chico, reportó coliformes totales de 0 a 67.50 NMP/100ml y coliformes fecales de 0 a 18.75 NMP/100ml. Así también EMSA Puno S.A. (2011), analizó la calidad del agua potable en las zonas de Cumi, y Calacala (Desaguadero), tanto en el reservorio y la red de distribución reportó la ausencia de coliformes totales y fecales.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 El agua

El agua es el compuesto más importante para la supervivencia de los seres vivos. El agua constituye en promedio del 65 – 75% del cuerpo humano (Tortora *et al.*, 2007). Es una sustancia química compuesta de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno y que puede presentarse en cualquiera de los tres estados: líquido, gaseoso y sólido (Sierra, 2011). Por sus características, el elemento vital es un líquido inodoro, incoloro e insípido compuesto por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos formando un ángulo de 105°, su fórmula química es H₂O (Guerra *et al.*, 2008).

2.2.2 Clasificación de las aguas.

Agua superficial

Se denomina agua superficial al conjunto de aguas que se encuentran sobre la superficie terrestre; en ríos, lagos, embalses, etc. En cantidades suficientes, es una importante fuente de abastecimiento para el consumo humano (Harris, 2007). Las características de esta agua están directamente condicionadas por las propiedades del terreno por el que discurren (Vargas, 2008).

Agua potable

El agua potable se define como agua que cumple los parámetros de calidad y es inocuo para el consumo humano (OMS, 2006). Para que el agua sea potable, debe ser: limpia, pulcra, inodora, insípida, sin partículas que la hagan turbia; además debe tener minerales, tales como sodio, yodo, cloro, en las cantidades adecuadas, Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y las personas de la tercera edad (Doria *et al.*, 2008).

2.2.3 Parámetros físicos del agua

Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el desarrollo de la vida acuática como también sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción. La temperatura no es un indicador de la calidad del agua, pero influye en el comportamiento de otros indicadores de calidad del recurso hídrico, como el pH, déficit de oxígeno, conductividad eléctrica, y otras variables fisicoquímicas (APHA – AWWA, 1992).

La importancia de la temperatura se basa en que el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. Las temperaturas elevadas son indicadores de actividad biológica, es decir, proliferación de microorganismos, plantas acuáticas y hongos. La temperatura óptima de un agua potable esta entre 4 °C a 15 °C (Spellman, 2004).

Conductividad

La conductividad eléctrica es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura. La determinación de conductividad es de gran importancia pues da una idea del grado de mineralización del agua natural, potable, residual, residual tratada (NMX-AA-093-SCFI, 2000).

Sólidos totales

El agua puede contener tanto partículas en suspensión como compuestos solubilizados, definiéndose la suma de ambos como Sólidos Totales (ST). La determinación de ST se realiza, evaporando un volumen conocido de muestras y secando el residuo en estufa a 105 °C, hasta pesada constante, indicándose el resultado en mg/L. Esta medida nos permite conocer el contenido total de sustancias no volátiles presentes en el agua. Además del contenido en sólidos totales, conviene conocer que parte de estos sólidos se encuentra disuelta (SD) y que otra es sedimentable (SS). Los SS se determinan por decantación a

partir de un volumen de muestra de un litro dejado en reposo en un recipiente cónico (cono Imhoff) durante una hora, expresándose el volumen sedimentado en el fondo del cono en ml/L. Los sólidos disueltos nos dan una idea de la cantidad de lodos que se producirán en la decantación primaria y se determinan gravimétricamente mediante filtración, a vacío o presión, con filtros de fibra de vidrio de borosilicato de diámetro de poro de 0,45 μm , de un volumen conocido de agua bruta, denominándose sólidos en suspensión (SS) el residuo seco retenido en los mismos expresado como mg/L. Al residuo filtrado secado a 105 °C se le denomina sólidos disueltos (SD), y se expresa también en mg/L (Marín, 2003).

2.2.4 Parámetros químicos del agua.

Potencial de hidrogeniones (pH)

Es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la sustancia es neutra. Los valores por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica (APHA - AWWA- WPCF, 1992). El pH se define como el logaritmo de la concentración del ion hidrógeno y es uno de los indicadores de la calidad del agua. Valores superiores a pH 11 producen irritación ocular y problemas cutáneos (Crites & Tchobanoglous, 2000).

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión e incrustaciones en las redes de distribución y en la eficiencia de la cloración, para que la desinfección con cloro sea eficaz es preferible que sea un pH inferior a 8 (Acosta, 2008). Debe tenderse a proveer agua con pH entre un rango de valores de 6.5 – 8.5 a fin de disminuir la acción corrosiva y favorecer la formación de una película protectora de carbonato de calcio en los sistemas de distribución (Acosta, 2008).

Dureza total

Indica la cantidad total de iones alcalinotérreos presentes en el agua y constituye un parámetro de calidad de las aguas. Corresponde a la suma de los cationes polivalentes expresados como la cantidad equivalente de carbonato de calcio, de los cuales los más

comunes son los de calcio y los de magnesio (Barrenechea, 2005). El agua dura puede formar depósitos sólidos (carbonato cálcico) en las tuberías pudiendo llegar a obstruirlas (Harris, 2007).

En términos generales, puede considerarse que un agua es blanda cuando tiene dureza menor de 100 mg/l; medianamente dura, cuando tiene de 100 a 200 mg/l; y dura, cuando tiene de 200 a 300 mg/l (Barrenechea, 2005). El agua dura no tiene ningún riesgo para la salud pero puede crear problemas a los consumidores a partir de concentraciones superiores de 200 mg/l, pueden afectar la tubería, los utensilios de cocina, entre otros (Clair *et al.*, 2000).

Sulfatos

Son componentes naturales de agua por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que pueden afectar su calidad, un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituales (OPS, 2005), es uno de los aniones que con mayor frecuencia se encuentran en las aguas naturales. La concentración de sulfatos es de importante consideración debido que a menudo se presentan problemas con el tratamiento de aguas residuales, como el olor y corrosión de las alcantarillas, resultados de la reducción de los sulfatos a sulfitos de hidrógeno, bajo condiciones anaeróbicas. El ión sulfato tiende a precipitar en forma coloidal en un medio ácido acético con cloruro de bario, formando cristales de $BaSO_4$ de tamaño uniforme; esta tendencia se incrementa con la presencia de cloruros. La turbidez de la solución se mide en un espectrofotómetro a 420 nm (Londoño *et al.*, 2010).

Cloruros

El agua siempre lleva cierta cantidad de cloruros, el ion cloruro es uno de los iones inorgánicos que se encuentran en mayor concentración en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, los excrementos humanos principalmente la orina, contienen cloruros en una cantidad casi igual al de los consumidos con los alimentos y el agua. (Romero, 2009). El agua contaminada con aguas residuales, agrícolas e industriales será rica en cloruros (Belizario, 2002).

El incremento de cloruro en el agua ocasiona la corrosividad de tuberías metálicas, a su vez impide que el agua sea utilizada para el consumo humano. (Asano y Levine, 1998). Los cloruros no tienen efectos nocivos en la salud, pero en concentraciones superiores a 250 mg/l afecta en el sabor del agua el cual se hace inaceptable por el organismo humano (Romero, 2009).

Parámetros físicos y químicos de aguas superficiales. Los límites permisibles de características físicas y químicas deberán ajustarse a lo establecido según los estándares de la calidad de aguas que se indican en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

		Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
PARAMETRO	UNIDAD	A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección VALOR	A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional VALOR	A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado VALOR
FÍSICOS Y QUÍMICOS				
Cloruros	mg/L	250	250	250
Conductividad	us/cm	1 500	1 600	**
Dureza	mg/L	500	**	**
Nitratos	mg/L	50	50	50
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9.0	5,5 – 9.0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**

**Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la autoridad competente determine

Fuente: Estándares nacionales de calidad ambiental para agua. Categoría A poblacional. DS Nro. 004-2017-MINAM

Parámetros físicos y químicos del agua potable para consumo humano. Los límites permisibles de características físicas y químicas de agua potable de consumo humano deberán ajustarse a lo establecido según los estándares de la calidad de aguas que se indican en la tabla 2.

Tabla 2. Límites máximos permisibles de los parámetros físico-químicos.

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Olor	--	Aceptable
Sabor	--	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6.5 a 8.5
Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
Cloruros	mg Cl L ⁻¹	250
Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500

UCV= Unidad de color verdadero

UNT= Unidad nefelometría de turbiedad

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

2.2.5 Bacteriología del agua

La flora bacteriana de un agua la conforman dos grupos: bacterias autóctonas, con hábitat en el agua, y bacterias contaminantes, que generalmente son provenientes de vertidos cloacales y/o industriales. El contenido bacteriano es muy variable dependiendo del tipo de agua, concentración de sales inorgánicas y sustancias orgánicas, enturbiamiento, iluminación y temperatura (Marín, 2003).

El agua presenta una flora normal, constituidas por bacterias cromógenas, son frecuentes las del género *Pseudomonas*, *Serratia*, *Flavobacterium* y *Achromobacterium*, las aguas superficiales tan expuestas a una amplia gama de factores que pueden alterar su calidad. Esta alteración se puede originar en eventos naturales o en actividades antropogénicas, como el uso doméstico del agua y la consiguiente producción de aguas residuales, de la industria, minería, agricultura entre otras (Orellana, 2005).

2.2.6 Contaminación del agua

La contaminación de agua es cualquier cambio químico, físico y biológico en la calidad del agua que tenga un efecto dañino en los organismos vivientes o sea inconveniente para los usos de consumo, domésticas e industriales (Tyler, 2007). La mayoría de habitantes en países en vías de desarrollo padecen graves problemas de salud, asociados con la insuficiencia o la contaminación del agua. En el mundo, más de tres millones de niños menores de cinco años mueren anualmente, producto de las diarreas causadas por microorganismos que se transmiten en el agua (Camacho *et al.*, 2009)

El agua potable no solo se contamina de forma natural por microorganismos, sino también por diferentes sustancias o por otras vías que involucran actividades humanas (Abarca y Mora, 2007). La contaminación del agua se debe a múltiples factores. Así, las fuentes de contaminación se atribuyen: al sector social, debido a la generación de residuos de origen doméstico y público; el sector agropecuario, debido al uso de insecticidas y abonos químicos; y al sector industrial, debido a la existencia de desechos directos a los sistemas de drenaje, la lluvia ácida y otros (Hernández, 2000).

Los límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son normadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), y por los gobiernos nacionales, pudiendo variar ligeramente de uno a otro (Campos, 1999). Tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua varían dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, entre otros (Asano y Levine, 1998).

2.2.7 Indicadores bacteriológicos de la calidad del agua

La verificación de la calidad microbiológica del agua por lo general incluye análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, pero también puede incluir, en algunas circunstancias, la determinación de las concentraciones de patógenos específicos (OMS, 2006). Varios microorganismos patógenos pueden estar presentes en el agua cruda, entre las bacterias se mencionan *Salmonella* sp, *Shigella* sp, *Vibrio* sp,

Pseudomonas sp, los cuales han sido encontrados en abastecimientos de agua (Ocasio y López, 2004).

Las bacterias que se encuentran con mayor frecuencia en las aguas son las bacterias entéricas, que son eliminados a través de la materia fecal de seres humanos y animales. Cuando estos microorganismos se introducen en el agua, en el cual proliferan y su presencia en el agua indica contaminación fecal (Madigan *et al.*, 2009). Las bacterias del grupo coliforme son un buen indicador bacteriológico de la calidad del agua, debido principalmente a que son fáciles de detectar y enumerar en el agua (Organización Panamericana de la Salud, 1987).

Grupo coliformes

Los coliformes son bacterias que habitan en el intestino de los mamíferos y también se presentan como saprofitos en el ambiente, excepto la *Escherichia*, que tiene origen intestinal. Los coliformes tienen todas las características requeridas para ser un buen indicador de contaminación. Este grupo de microorganismos pertenece a la familia de las Enterobacteriaceas. Los siguientes géneros conforman el grupo coliforme: *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Serratia* (Aurazo, 2004).

Coliformes totales

El grupo de coliformes totales está conformado por todas las bacterias Gram (-) de morfología bacilar, aerobias o anaerobias facultativas, oxidasa negativas, no esporógenas y capaces de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas de 35° C dentro de las 48 horas. Las bacterias coliformes pueden hallarse tanto en heces como en el medio ambiente, por ejemplo las aguas ricas en nutrientes, suelos, materias vegetales en descomposición. También hay especies que nunca o casi nunca se encuentran en las heces pero que se multiplican en el agua. Las bacterias de origen vegetal se incluyen dentro de las bacterias entéricas o enterobacterias y se caracterizan por habitar en el tracto gastrointestinal del hombre y otros animales (OMS, 2006).

Este grupo incluye los géneros: *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter*, y *Citrobacter*. Las heces pueden ser vehículos de transmisión de otras bacterias no coliformes que son

patógenas como *Salmonella*, *Proteus* y *Shigella*, algunas de cuyas especies causan infecciones intestinales como la fiebre tifoidea y la disentería bacilar. Su presencia indicaría ineficiencia en el tratamiento de aguas y de la integridad del sistema de distribución y contaminación con bacterias fecales (OMS, 2006)

Coliformes termotolerantes

Son bacterias que pueden encontrarse en el intestino humano y heces de animales, se consideran el principal indicador de contaminación fecal del agua de uso doméstico, industrial y otros. En general la presencia en una muestra de agua del género *Echerichia* indica una contaminación fecal que hace el agua no apta para el consumo humano cuando los coliformes se liberan al agua finalmente mueren pero no tan rápido como algunos patógenos durante la purificación del agua, teniendo en cuenta el principal representante (Madigan *et al*, 2012). *Escherichia coli* – bacteria del grupo coliforme que fermenta la lactosa y manitol, con producción de ácido y gas a 44.5 ± 0.2 C en 24 horas, produce indolo a partir del triptófano, oxidasa negativa, no hidroliza la urea y presenta actividad de las enzimas β galactosa y β glucuronidasa, que es considerado el más específico indicador de contaminación fecal reciente y de eventual presencia de organismos patogénicos (Ministerio de Salud – Brasil, 2013).

Parámetros microbiológicos de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido según los estándares de la calidad de aguas que se indican en la tabla 3.

Tabla 3. Parámetros microbiológicos de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		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
		VALOR	VALOR	VALOR
MICROBIOLÓGICO				
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	20	2 000	20 000
Coliformes totales	NMP/100mL	50	**	**
Enterococos fecales	NMP/100mL	0	0	0
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	0	0	0
Formas parasitarias	Organismos/Litro	0	0	0
<i>Giardia duodenalis</i>	Organismos/Litro	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i>	Presencia/100mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Estándares nacionales de calidad ambiental para agua. Categoría poblacional. DS Nro. 004-2017-MINAM

Parámetros microbiológicos para agua potable. El contenido de organismos resultantes del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse los estándares de la calidad de aguas que se indican en la tabla 4 y 5.

Tabla 4. Límites máximo permisibles (LMP) referenciales de los parámetros de calidad del agua

PARÁMETRO	LMP
Coliformes totales, UFC/100mL	0 (ausencia)
Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL	0 (ausencia)
Bacterias heterótrofas, UFC/mL	500
Parásitos y protozoarios	Ausencia

Fuente: Norma Técnica Peruana 214.005.

Tabla 5. Límites máximo permisibles de parámetros microbiológicos

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Bacterias coliformes totales	UFC/100 mL	0
E. coli	UFC/100 mL	0
Bacterias coliformes termotolerantes o Fecales	UFC/100 mL	0
Bacterias heterotróficas	UFC/100 mL	500

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

UFC = Unidad formadora de colonias

2.3 Marco Conceptual

Agua: Es un compuesto formado por 2 átomos de hidrogeno (H) y 1 de oxigeno (O) cuya fórmula química es H_2O

Agua potable: Es el agua apta para el consumo humano y que cumple con los requisitos físicos, químicos, organolépticos, microbiológicos y toxicológicos establecidos en la norma OMS

Aguas superficiales: Fuentes de agua donde se encuentran fluyendo constantemente como los ríos o en reposo como los lagos, lagunas y manantiales.

Alcalinidad total: Capacidad del agua para neutralizar ácidos y representa la suma de las bases que pueden ser tituladas.

Calidad: Conjunto de propiedades inherentes a un objeto que le confieren capacidad para satisfacer necesidades explícitas

Coliformes totales: Grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos

Coliformes fecales: Constituido por las bacterias *Escherichia coli* y algunas cepas de *Enterobacter* pueden fermentar la lactosa a 44 – 45 °C son indicadores de contaminación fecal

Coliformes termotolerantes: Son definidas como bacilos Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas, cuya temperatura de supervivencia es de 45 °C +/- 0,2 °C.

Conductividad eléctrica: Parámetro que mide la concentración de minerales disueltos en una muestra de agua, siendo más conductora de la electricidad mientras tenga más minerales disueltos.

Contaminación: Alteración de las características físicas, químicas o biológicas del agua, resultante de la incorporación deliberada o accidental en la misma de productos o residuos que afecten los usos del agua, de modo que produzcan daños a la salud del hombre deteriorando su bienestar.

Indicador microbiológico: Microorganismo que su presencia permite determinar la existencia de un patógeno. Este indicador se usa en la determinación de contaminación de las aguas.

Límite permisible: Valores referenciales de una característica de un producto no dañino a la salud pública. También llamado valor máximo aceptable, es aquel asignado, el cual no debe ser excedido en las condiciones definidas por la norma.

Muestra de agua: Es la porción representativa de agua que se remite al laboratorio para su análisis, para conocer sus características.

pH: es una medida convencional de la acidez o alcalinidad de soluciones acuosas. Por definición es igual al logaritmo negativo de la concentración de los iones hidrogeno en la solución.

Sólidos disueltos totales: Medida de la materia en una muestra de agua, más pequeñas de 2 micras y no pueden ser removidos por un filtro tradicional. Es básicamente la suma de todos los minerales, metales y sales disueltas en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua.

Temperatura: Es una variable física que afecta a parámetros como la solubilidad de gases y sales, la cinética de las reacciones químicas y bioquímicas, desplazamientos de los equilibrios químicos, tensión superficial, desarrollo de microorganismos presentes en el agua (la necesidad del oxígeno crece a medida que sube la temperatura).

Tratamiento: Proceso físico, químico y/o biológico que modifica alguna propiedad física, química y/o biológica del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

El distrito de Samán pertenece a la provincia de Azángaro, región de Puno, se encuentra a orillas del Rio Ramis entre las coordenadas geográficas latitud sur: 15° 17' 21" y longitud oeste: 70° 00' 52", a una altitud de 3830 m.s.n.m., a 26 km de la ciudad de Juliaca (carretera Juliaca - Huancané). El clima se caracteriza por una temperatura que oscila entre los 6 °C y 8 °C, teniendo como promedio anual de 7 °C, siendo la máxima de 25 °C al medio día (verano) y la mínima de -5 °C durante la madrugada (invierno). La agropecuaria es la principal actividad económica.

En el estudio se estableció cuatro zonas de muestreo: Rio Ramis (zona de captación), Salida de la planta de tratamiento, red de distribución con flujo, red de distribución sin flujo, donde se realizó los estudios físico químicos y bacteriológicos. Las muestras se analizaron en el laboratorio de control de calidad de la E.P.S.SEDA JULIACA S.A.



Figura 1. Zonas de muestreo en el distrito de Samán

Fuente: Google earth 2017

3.2 Tipo de estudio

Descriptivo, se recolectaron datos que evidenciaron la situación tal como es en todas sus dimensiones. Analítico, se determinaron relaciones entre las variables, además de evidenciar aspectos potenciales útiles para la prevención de enfermedad o promoción de la salud. Prospectivo, es un estudio longitudinal en el tiempo que se diseña y comienza a realizarse en el presente, los datos se analizaron transcurridos un determinado tiempo, en el futuro.

3.3 Población y muestra

Se realizó el análisis fisicoquímico y bacteriológico en 4 zonas de muestreo con dos repeticiones durante cuatro meses, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 6. Número de muestras de agua por zona y tiempo 2016.

Lugares de muestreo	Meses de muestreo/Repeticiones				Total
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	
Entrada planta de tratamiento (Zona de captación – Río Ramis)	2	2	2	2	8
Salida planta de tratamiento	2	2	2	2	8
Red de distribución con flujo	2	2	2	2	8
Red de distribución sin flujo	2	2	2	2	8
Total	8	8	8	8	32

El total de muestras de agua fue de 32, distribuidos en cuatro lugares y cuatro meses de muestreo, con dos repeticiones para cada una de ellas, estas muestras fueron utilizadas tanto para los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.

3.4 Metodología

3.4.1 Trabajo de campo

La toma de muestra de agua se realizó tomando en cuenta las Norma Técnica Peruana ITINTEC 214.003:

Toma de muestra de agua de la entrada a la planta de tratamiento (zona de captación, río Ramis)

Se esterilizaron 8 frascos de vidrio de boca ancha por muestreo

Se retiraron las envolturas de papel Kraft y la tapa del frasco estéril, se sujetó el frasco con una cuerda estéril y se sumergió a una profundidad de 50 cm, con la boca del frasco ligeramente hacia arriba y en sentido contrario a la corriente del agua. Los envases con las muestras obtenidas fueron retirados y tapados de inmediato.

Se tomaron dos muestras de 500 ml cada una, para el análisis fisicoquímico y el análisis bacteriológico respectivamente.

Cada muestra fue etiquetada con información correspondiente: número de muestra, fecha y hora, nombre del distrito, zona de muestreo y nombre del recolector.

Toma de muestra de agua en las redes de distribución

Se esterilizaron 8 frascos de vidrio de boca ancha por muestreo

Los envases para recolectar el agua son frascos de vidrio estéril, boca ancha y con capacidad de 500 ml. Se desinfectó la piletta con alcohol y se dejó correr el agua por el lapso de 2 minutos, posterior a ello se llenó el frasco y se cerró de inmediato.

Se tomaron dos muestras de 500 ml cada una, para el análisis fisicoquímico y el análisis bacteriológico respectivamente.

Cada muestra fue etiquetada con la siguiente información: número de muestra, fecha y hora, nombre del distrito, zona de muestreo y nombre del recolector.

3.4.2 Trabajo de laboratorio

a) Parámetros fisicoquímicos

Se emplearon las metodologías de la Norma Técnica Peruana (2012), Manual de Análisis de Agua HACH (2000)

Parámetros físicos

Temperatura

Fundamento: En el método de determinación directa las unidades de la temperatura son en °C, el sensor utilizado para la compensación automática de temperatura, normalmente no necesita una calibración, pero si la lectura de la temperatura es sospechosa de dar valores erróneos, puede calibrarse por comparación con un sistema certificado de temperatura.

Procedimiento: Se vertió 50 mL de la muestra en un vaso de precipitado. Inmediatamente se introdujo el termómetro, para luego tomar nota del valor obtenido.

Conductividad eléctrica

Fundamento: En el método de medición directa las unidades de conductividad eléctrica del parámetro son en micro Siemens/cm. En la práctica se mide la conductividad con electrodos de diferente tamaño y forma, por lo cual al realizar la medición, en lugar de la conductividad se mide la conductancia, la misma se multiplicó por la constante (k) de cada celda en particular, se transforma en la conductividad en S/cm.

Procedimiento: Se vertió 50 mL de la muestra en un vaso de precipitado. Posteriormente se introdujo el electrodo del conductímetro, para luego registrar los datos que aparezcan en la pantalla del equipo.

Sólidos totales disueltos

Fundamento: La determinación de sólidos totales disueltos mide específicamente el total de sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos). Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua. Aguas para consumo humano, con alto contenido de sólidos disueltos son de mala agrado para el paladar.

Procedimiento: Se vertió en un vaso de precipitado 50 mL de la muestra de agua a analizar. Posteriormente se introdujo el electrodo del conductímetro, se presionó dos veces la tecla Mode hasta que se estabilice, para luego registrar el valor obtenido en la pantalla del equipo.

Parámetros químicos

Potencial de hidrogeniones (pH)

Fundamento: Con el método potenciómetro solo se determinó si el agua es ácida (aquella característica que provoca la corrosión de las tuberías de fierro), neutra o básica. Una solución que tenga pH menor que 7 es ácida, la que tenga pH equivalente a 7 es neutra y, si el pH es mayor que 7, la solución es alcalina.

Procedimiento: Se vertió 50 mL de la muestra en un vaso de precipitado, posteriormente se introdujo el electrodo del potenciómetro, luego se registraron los datos que se mostraron en la pantalla del equipo.

Sulfatos

Fundamento: Para identificar los sulfatos por el método de espectrofotometría es indispensable que la muestra sea tratada con cloruro de bario, en medio ácido formándose un precipitado blanco de sulfato de bario. La precipitación se lleva a cabo en condiciones tales que se formen cristales de sulfato de bario de tamaño uniforme, que deben mantenerse en suspensión homogénea un periodo de tiempo suficiente para medir el sulfato, produciendo valores de turbidez estables, la

turbidez de este precipitado se mide en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 680 nm y con una celda de 25 mL

Procedimiento: Se empleó el espectrofotómetro ingresando la serie de programa almacenado para el nitrógeno de sulfato de alto rango. Se hizo girar el cuadrante de longitud de onda hasta que la pantalla pequeña muestre: 680 nm, se llenó una celda para espectrofotómetro con 25 mL de muestra. Inmediatamente se añadió el contenido de una bolsita de polvo de reactivo de nitrato sulfato Ver 5 a la celda, se presionó la tecla ENTER; se visualizó en la pantalla del equipo el resultado en unidades de mg/L.

Cloruros

Fundamento: En el método de nitrato mercúrico se realiza la titulación del ión cloruro con nitrato mercúrico para la producción de cloruro mercúrico soluble. La difenilcarbazona resalta el punto final de la titulación mediante la formación de un complejo color púrpura con los iones mercúricos excesivos. El xolenocianol sirve como indicador de pH y para resaltar el punto final.

Procedimiento: Se introdujo un tubo limpio de alimentación en el cartucho de titulación. Se hizo girar la perilla de descarga para expulsar algunas gotas al titulador. Se reinició el contador a cero y se limpió la punta. Posteriormente se utilizó una probeta para medir el volumen de la muestra. Se transfirió la muestra al frasco de Erlenmeyer de 250 mL. Se diluyó hasta la marca de 100 mL agua destilada. Luego se añadió el indicador dicromato de potasio y la muestra se tornó de color amarillo inmediatamente se hizo girar el frasco mientras se titula con nitrato de plata desde amarillo a rosa. Se registró el resultado obtenido en el equipo.

Dureza total

Fundamento: El método empleado fue el volumétrico con EDTA para determinar calcio y magnesio emplea soluciones de ácido etileno diamino tetracético, estos forman un complejo quelado soluble al adicionar a una solución de ciertos cationes metálicos los cuales forman iones complejos solubles con calcio y magnesio. Los

indicadores empleados son el negro ericromo T que resalta cuando todos los iones de calcio y magnesio han formado complejos con EDTA a pH 10; de esta manera la solución toma un color vino rojo.

El otro indicador es la murexida la cual determina solamente los iones calcio 12 – 13, por ello es preferible titular con EDTA. En este caso al añadir EDTA como titulante los iones de calcio y magnesio serán complejos paulatinamente hasta que la solución adquiere un color azul, lo que indicará el final de la titulación.

Procedimiento:

Se insertó un tubo de alimentación limpio en el cartucho de titulación.

Se abrió la perilla de descarga para expulsar unas cuantas gotas al titulador. Se reinició el contador y se limpió la punta. Seguidamente se utilizó una probeta para medir el volumen de la muestra. Transfiriendo la muestra al frasco de Erlenmeyer limpio de 250 ml. Se diluyó aproximadamente hasta la marca de 100 ml agua destilada, en algunos casos fue necesario.

Luego se agregó 0.5 ml de buffer mientras se tituló con EDTA desde rosa a azul. Se tomó nota del valor obtenido en la pantalla del equipo.

b) Parámetros bacteriológicos

Fundamento: El método empleado fue el de filtrado de membrana (MF) es un método rápido y simple de determinar las poblaciones bacterianas en el agua. El MF es útil al evaluar grandes volúmenes de muestras o al realizar a diario muchas pruebas de coliformes. En el primer paso, se filtra un volumen de muestra apropiada a través de un filtro de membrana con poros pequeños (0,45 micrones) que retienen las bacterias con ayuda de una bomba al vacío. El filtro se coloca en una almohadilla absorbente (en una placa petri) contenida de un medio de cultivo selectivo para el crecimiento del coliforme. La placa Petri que contiene el filtro y la almohadilla se incubaba en posición invertida durante 24 horas a una temperatura apropiada. Posterior a la incubación, se realiza el conteo de las colonias desarrolladas en el medio de cultivo.

Procedimiento

Se desinfecto el lugar de trabajo, posteriormente se preparó las placas petri, matraz, pinzas, almohadillas y caldos de cultivo debidamente esterilizadas listas para utilizarlos.

Se rotuló las placas Petri

Se colocó las almohadillas y los medios de cultivo se agregaron 2ml de medios de cultivo m-FC Broth Ampules para coliformes termotolerantes, y 2ml de M-Colibblue Ampules HACH para coliformes totales.

Con una pinza esterilizada con la flama del mechero se colocó un filtro de membrana con las rejillas hacia arriba del equipo de filtrado. Se vertió 100ml de la muestra en el embudo.

Una vez que se filtró la muestra se apagó el equipo de filtrado y se retiró la membrana con una pinza esterilizada y se colocó en la placa petri con los medios de cultivo respectivos.

Incubación

Las muestras de filtro de membrana se incubaron a 24 horas a 35°C y 44°C para coliformes totales y termotolerantes respectivamente. Finalmente se contó las colonias de color rojo para coliformes totales en UFC/100ml y de color azul para coliformes termotolerantes en UFC/100ml.

3.5. Método estadístico

Los resultados obtenidos de las características físicas, químicas y bacteriológicas de los cuatro puntos de muestreo, fueron analizados mediante pruebas estadísticas descriptivas (media) y de dispersión (desviación estándar). Para la comparación de la calidad de aguas en los diferentes puntos de muestro se empleó el método estadístico ANVA.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de ingreso (Rio Ramis) a la planta de tratamiento del distrito de Samán.

a) Parámetros físicos

Los resultados obtenidos del análisis de los parámetros químicos del agua de ingreso (Rio Ramis) a la planta de tratamiento del distrito de Samán; los valores promedios son: temperatura 18.6 ± 0.4 °C, conductividad eléctrica 471.6 ± 58.1 μ S/cm y sólidos disueltos totales 232.4 ± 24.8 mg/L; los promedios obtenidos en la conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable por desinfección (MINAM, 2017).

Tabla 7. Parámetros físicos del agua de ingreso a la planta de tratamiento del distrito de Samán.

MESES DE MUESTREO	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (μ S/cm)	Sólidos disueltos totales (mg/l)
Febrero	19.1	400	191
Febrero	19.0	380	205
Marzo	18.5	501	240
Marzo	18.4	490	244
Abril	18.1	535	263
Abril	18.2	540	258
Mayo	18.6	470	224
Mayo	18.6	457	234
N	8	8	8
PROMEDIO	18.6	471.6	232.4
DESV. ESTANDAR	0.4	58.1	24.8
PERMISIBLE	100%	100%	100%

Según los resultados para la temperatura el máximo valor de 19.1 °C que corresponde al mes de febrero y el mínimo valor de 18.1 °C en el mes de abril, siendo la temperatura promedio de 18.6 ± 0.4 °C. Los límites permisibles para agua de consumo humano no están normados, debido a que tienen efectos insignificantes en la salud según (Spellman, 2004). La temperatura no es un indicador de calidad, pero influye en el comportamiento de otros indicadores de calidad del recurso hídrico, como el pH, déficit de oxígeno, conductividad eléctrica, y otras variables fisicoquímicas (APHA –AWWA, 1992).

Este parámetro juega un papel importante en los procesos fisiológicos de los organismos acuáticos, tales como, la respiración microbiana, la cual es responsable de muchos de los procesos de auto-purificación en los cuerpos de agua superficial (Chapman, 1996).

Estudios similares realizado por Mendoza (2010) en su trabajo de investigación durante los meses de agosto a noviembre, los promedios de temperatura para el río Coata fueron de 14.34 °C, en cambio del río Huancané alcanzó una temperatura promedio de 14.07 °C y la del río Ilave de 12.58°C, siendo estos valores de temperatura menores a los determinados en la investigación, de igual manera Quispe (2010) determinó los componentes fisicoquímicos e indicadores bacterianos de contaminación fecal, en aguas de río para consumo humano de la ciudad de Aplao, Arequipa, obteniendo un promedio de 19.8 °C de temperatura, realizado de setiembre a diciembre del 2009; estas variaciones se debe a las condiciones ambientales como épocas del año y clima que son variables en la región Puno.

En la conductividad eléctrica el promedio obtenido es de 471.6 ± 58.1 $\mu\text{s}/\text{cm}$, el valor máximo fue de 540 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y el valor mínimo de 380 $\mu\text{s}/\text{cm}$, resultados que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable según los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (MINAM, 2017)

Mendoza (2011) obtuvo valores promedios de conductividad eléctrica de 1121.5 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y 750.1 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en los ríos Coata e Ilave respectivamente, siendo estos más elevados a los obtenidos en el presente trabajo de investigación; Quispe (2010) en muestras de agua del río Majes reporta un valor promedio de 726.5 $\mu\text{s}/\text{cm}$ valores superiores a los obtenidos en el río Ramis. Así también Vilca (2011) en aguas para consumo humano que tienen como origen manantial en Vilque reporta como valor promedio de conductividad eléctrica 185 $\mu\text{s}/\text{cm}$ resultado por debajo al reportado en el presente estudio.

La diferencia de los valores obtenidos en otras investigaciones, es debido a la geología del área a través de la cual fluye el cuerpo de agua. Así también las descargas de aguas residuales aumentan la conductividad por la concentración de iones que presentan

(Tortora *et al.*, 2007). Por lo cual la alteración de los valores de este parámetro en un cuerpo de agua son empleados como indicador de contaminación (Neira 2006).

Los sólidos disueltos totales del agua en la zona de ingreso (Rio Ramis) a la planta de tratamiento del Distrito de Samán fueron de 232.4 ± 24.8 mg/L, siendo el resultado más elevado 263 mg/L y el más bajo 191 mg/L. Resultados que se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles (1000 mg/L) para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable según los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (MINAM, 2017).

Los resultados obtenidos en este estudio fueron inferiores a los reportados por Quispe (2010), quien analizó el agua del rio Majes en la ciudad de Aplao (Arequipa) y encontró valores de solidos disueltos promedio de 397.6 mg/L y Flores (2014) reportó promedios de 553 mg/L, 553.80 mg/L y 562 mg/L en tres zonas del rio Coata; y superiores a los citados por Vilca (2011), registro valores promedios de 85.93 mg/L y Abad (2014) reporta valores entre 43.92 – 155.45 mg/L en agua de manantial para ambos estudios.

b) Parámetros químicos

Los resultados obtenidos del análisis de los parámetros químicos del agua de salida de la planta de tratamiento del distrito de Samán; los valores promedios son: temperatura es de 19.0 ± 0.4 °C; conductividad eléctrica 686.6 ± 39.9 μ s/cm; solidos disueltos totales 329.6 ± 22.9 mg/L; los promedios obtenidos en la conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (1500 μ s/cm y 1000 mg/L) emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Tabla 8. Parámetros químicos del agua de ingreso a la planta de tratamiento del Distrito de Samán.

MESES DE MUESTREO	Potencial de Hidrógeno (pH)	Dureza Total (mg/l)	Cloruros (mg/l)	Sulfatos (mg/l)
Febrero	7.73	200	35	115
Febrero	7.61	205	32	120
Marzo	7.78	180	25	27
Marzo	7.76	189	29	30
Abril	7.82	251	38	145
Abril	7.83	246	40	140
Mayo	7.78	223	37	127
Mayo	7.72	228	35	132
n	8	8	8	8
PROMEDIO	7.75	215.3	33.9	104.5
DESV. ESTANDAR	0.07	26.0	5.0	47.9
PERMISIBLE	100%	100%	100%	100%

El pH promedio del agua de ingreso a la planta de tratamiento en el distrito de Samán fue de 7.75 ± 0.07 , con un máximo de 7.83 y un mínimo de 7.61, siendo aptas para ser destinadas a la producción de agua potable ya que los resultados están dentro de los valores permitidos (6.5 – 8.5) de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (MINAM, 2017).

El pH juega un papel muy importante en determinados procesos bioquímicos, como por ejemplo en la desinfección del agua con cloro. Las reacciones de cloro solo tienen lugar cuando el pH tiene un valor entre 5.5 y 9.5. Este tratamiento requiere regular el pH de tal manera que predomine el HClO, ya que este es el ingrediente activo que actúa eficazmente en la inactivación de los microorganismos patógenos (Chapman, 1996).

Los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Flores (2014), quien obtuvo promedios de pH 7.50, 7.48 y 7.54 en tres zonas del río Coata y a los cifrados por Mendoza (2010), que obtuvo un promedio de pH 7.32; además por Vilca (2011) que registra valores de pH de 6.81 en agua de manantial. Por otro lado inferiores a los mencionados por Abad (2014), pH 8.14 en agua de manantial y a los obtenidos por Quispe (2010), pH 8.0 en aguas del río Majes de la ciudad de Aplao, Arequipa.

La mayoría de las aguas naturales tienen un valor de pH entre 6.5 y 8.5, la alteración excesiva puede indicar contaminación por algún desecho de tipo industrial (Acosta,

2008) y los contaminantes antropogénicos juegan un rol importante en la variación de pH de un cuerpo de agua. La dureza total promedio en aguas de ingreso a la planta de tratamiento del distrito de Samán fue de 215.3 ± 26 mg/L, siendo el valor máximo 251 mg/L y el mínimo 180 mg/L. Según los resultados el agua del río Ramis en la zona del ingreso a la planta de tratamiento es apta para ser destinada a la producción de agua potable ya que están por debajo de los límites máximos permisibles (MINAM, 2017).

Los valores reportados en el estudio son superiores a los mencionados por Quispe (2010) que reporta un promedio de 99.8 mg/L en aguas del río Majes y Abad (2014) que obtuvo valores entre 43.92 mg/l – 155.45 mg/L; además de Vilca (2011), 187 mg/L en aguas de manantial para ambos estudios. La dureza refleja la naturaleza de las formaciones geológicas con las que el agua ha estado en contacto. Las aguas duras se originan en áreas que contienen piedra caliza; mientras que está dispersa o ausente en las blandas (Sawyer, *et al.*, 2001).

El cloruro total del agua en la zona de ingreso (Río Ramis) a la planta de tratamiento del Distrito de Samán fueron de 33.9 ± 5.0 mg/L, siendo el valor máximo 40 mg/L y el mínimo 25 mg/L; resultados que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (250 mg/L) para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable según los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (MINAM, 2017).

Abad (2014) reportó valor promedio de 33.10 mg/L en agua de manantial siendo semejante al valor obtenido en la presente investigación; Quispe (2010) en muestras de agua de río Majes reporta un valor promedio de 81.2 mg/L que es superior a los obtenidos en la presente investigación, e inferiores a los que menciona Vilca (2011) en aguas de manantial con un promedio de 8.22 mg/L. Los cloruros que se encuentran en aguas naturales provienen de la disolución de suelos y rocas que tengan contacto con el agua, otra fuente de cloruro son las descargas de agua residual doméstica, industrial y agrícola a aguas superficiales (Metcalf y Eddy, 1995).

La concentración de sulfatos del agua en la zona de ingreso (Río Ramis) a la planta de tratamiento del Distrito de Samán fueron de 138.5 ± 71.1 mg/L, siendo el valor máximo 205 mg/L y el mínimo 27 mg/L; resultados que se encuentran dentro de los límites

máximos permisibles (250 mg/L) para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable según los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (MINAM, 2017). Los resultados obtenidos fueron inferiores a los reportados por Quispe (2010), en aguas del río Majes obtuvo promedios de 401.6 mg/L; por otro lado superiores a los mencionados por Abad (2014), quien cifra valores que oscilan entre 14.33 – 69.88 mg/L

La presencia de sulfatos en el agua, tienen su origen por el contacto con suelos ricos en yesos, así también por la contaminación con aguas industriales residuales. Concentraciones mayores a 300 mg/L pueden causar trastornos gastrointestinales en niños (Wilson *et al.*, 2007).

Por todo lo mencionado en párrafos que anteceden se rechaza la hipótesis planteada, dado que los parámetros químicos no excedieron los límites máximos permisibles para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable emitida por Estándares nacionales de calidad ambiental para agua DS Nro 004-2017-MINAM.

c) **Parámetros bacteriológicos**

Los resultados y valores promedios de los parámetros bacteriológicos del agua de ingreso a la planta de tratamiento del distrito de Samán; siendo así para coliformes totales un promedio de 467 ± 227 UFC/100ml, con un valor máximo de 800 UFC/100ml y un mínimo de 250 UFC/100ml. Los coliformes termotolerantes presentan un promedio de 392 ± 227 UFC/100ml, con un valor máximo de 730 UFC/100ml y un mínimo de 200 UFC/100ml. Estos resultados exceden los límites máximos permisibles (50 UFC/100ml y 20 UFC UFC/100ml) para aguas superficiales que pueden ser potabilizadas por desinfección (MINAM, 2017).

Tabla 9. Parámetros bacteriológicos del agua de ingreso a la planta de tratamiento.

MESES DE MUESTREO	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Coliformes Termotolerantes (UFC/100ml)
Enero	800	730
Enero	780	690
Febrero	290	190
Febrero	310	200
Marzo	260	200
Marzo	250	210
Abril	525	470
Abril	520	445
n	8	8
PROMEDIO	467	392
DESV. ESTANDAR	227	227
PERMISIBLE	100%	100%

Los resultados obtenidos son inferiores a los reportados por Quispe (2010), en aguas del río Majes que encontró cifras de coliformes totales de 4200 NMP/100ml y 1881 NMP/100ml para coliformes fecales; Mendoza (2011), reporta 5348 UFC/ml en aguas del río Ilave; al igual que Flores (2014) en tres zonas de estudio en el río Coata reporta valores entre 7140 – 9720 NMP/ml. Por otro lado superiores a los mencionados por Vilca (2011), para agua de manantial en Vilque reporta la presencia de coliformes totales de 18.33 NMP/100 ml y 6.67 NMP/100ml coliformes fecales; Abad (2014), 67.50 NMP/100ml y 18.75 NMP/100ml para coliformes totales y fecales respectivamente en aguas de manantial de Yarowilca.

Las muestras positivas a coliformes fecales. Puede deberse a la presencia de animales y letrinas cercanas a la zona de muestreo (Quispe, 2005) o vertidos que proceden de aguas residuales domesticas (Fernández, 2007). La contaminación por coliformes indica la ocurrencia de polución fecal y por lo tanto la contaminación de organismos patógenos (Doria *et al.*, 2009), cuanto mayor es la población de coliformes fecales, mayor es la probabilidad que microorganismos patógenos estén presentes en el agua (Baccaro *et al.*, 2006).

4.2 Parámetros físicos - químicos y bacteriológicos del agua de salida de la planta de tratamiento del distrito de Samán.

a) Parámetros físicos

Los resultados obtenidos del análisis de los parámetros físicos del agua de salida de la planta de tratamiento del distrito de Samán; los valores promedios son: temperatura es de 19.0 ± 0.4 °C; conductividad eléctrica 686.6 ± 39.9 $\mu\text{s/cm}$; sólidos disueltos totales 329.6 ± 22.9 mg/L; los promedios obtenidos en la conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (1500 $\mu\text{s/cm}$ y 1000 mg/L) emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Tabla 10. Parámetros físicos del agua de salida de la planta de tratamiento del Distrito de Samán

MESES DE MUESTREO	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica ($\mu\text{s/cm}$)	Sólidos Disueltos Totales (mg/l)
Febrero	19.5	633	305
Febrero	19.6	649	301
Marzo	18.8	674	323
Marzo	18.9	669	320
Abril	18.5	735	364
Abril	18.4	750	360
Mayo	18.9	691	332
Mayo	19.0	692	332
n	8	8	8
PROMEDIO	19.0	686.6	329.6
DESV. ESTANDAR	0.4	39.9	22.9
PERMISIBLE	100%	100%	100%

La temperatura promedio (19.0 ± 0.4 °C) en el estudio es superior a los reportados por Yanapa (2012), quien obtuvo promedios de 14.8 °C en la planta de tratamiento, 16.7 °C y 15.7 °C en los reservorios de la ciudad de Ilave; al igual que la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Coronel Portillo S.A. (2004), que reporta una temperatura promedio de 14 °C en la planta de tratamiento y reservorio; así mismo Vilca (2011), obtuvo 14.96 °C de temperatura en el reservorio de la localidad de Vilque. Al respecto de la variación de la temperatura Barnechea (2005), menciona que múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente.

Los resultados de conductividad eléctrica (686.6 ± 39.9 $1208 \mu\text{s}/\text{cm}$) obtenidos fueron superiores a los mencionados por Vilca (2011) quien reporta valores promedio conductividad eléctrica $178 \mu\text{s}/\text{cm}$ en el reservorio de Vilque; e inferiores a los indicados por Salazar (2015), quien determinó en agua a la salida de planta de tratamiento valores entre $1045 - 1208 \mu\text{s}/\text{cm}$ y en reservorios de la ciudad de Juliaca entre $1031 - 1221 \mu\text{s}/\text{cm}$, al igual que Mamani (2007) quien obtuvo promedios de $1283 \mu\text{s}/\text{cm}$ en agua de reservorio del distrito de Huanuara (Tacna).

Los resultados obtenidos para sólidos disueltos totales ($329.6 \pm 22.9 \text{ mg}/\text{L}$) son similares a los reportados por EMSA Puno S.A. (2011), obtuvo cifras de 296 y $356 \text{ mg}/\text{L}$ al analizar el agua potable de los reservorios de las zonas Cumi y Calacala en Desaguadero; y superiores a los reportados por Yanapa (2012), en la ciudad de Ilave obtuvo promedios de $120.37 \text{ mg}/\text{L}$ en la planta de tratamiento y para los reservorios 123.03 y $132.27 \text{ mg}/\text{L}$; así mismo fueron inferiores a los resultados de la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Grau S.A. (2004), reportó $580 \text{ mg}/\text{L}$ en la planta de tratamiento de la ciudad de Piura; y Salazar (2015), quien registró valores que oscilan entre $506 - 583 \text{ mg}/\text{L}$ para la salida de planta de tratamiento y $499 - 592 \text{ mg}/\text{L}$ en los reservorios de la ciudad de Juliaca.

Por todo lo expuesto en párrafos anteriores, se rechaza la hipótesis planteada, puesto que los parámetros físicos: temperatura, conductividad y sólidos totales disueltos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

b) Parámetros químicos

Los resultados obtenidos del análisis de los parámetros químicos del agua de salida de la planta de tratamiento del distrito de Samán; los valores promedios son: pH es de 7.29 ± 0.05 , dureza total $276.5 \pm 37.0 \text{ mg}/\text{L}$; cloruros $48.1 \pm 2.6 \text{ mg}/\text{L}$ y sulfatos 138.5 ± 71.1 ; los promedios obtenidos están dentro de los límites máximos permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Tabla 11. Parámetros físicos del agua de salida de la planta de tratamiento del Distrito de Samán

MESES DE MUESTREO	Potencial de Hidrógeno (pH)	Dureza Total (mg/l)	Cloruros (mg/l)	Sulfatos (mg/l)
Febrero	7.22	300	45	150
Febrero	7.31	310	49	148
Marzo	7.24	215	50	29
Marzo	7.25	221	53	27
Abril	7.35	290	48	199
Abril	7.35	284	46	205
Mayo	7.28	292	46	177
Mayo	7.33	300	48	173
n	8	8	8	8
PROMEDIO	7.29	276.5	48.1	138.5
DESV. ESTANDAR	0.05	37.0	2.6	71.1
PERMISIBLE	100%	100%	100%	100%

Los resultados obtenidos para el pH (7.9 ± 0.05) son superiores a los reportados por EMSA Puno S.A. (2011), obtuvo un promedio de 5.8 al analizar el agua potable de los reservorios de las zonas Cumi y Calacala en Desaguadero; y superiores a los reportados por Yanapa (2012), en la ciudad de Ilave obtuvo promedios de 7.53 en la planta de tratamiento y para los reservorios 7.52 y 7.50; así mismo a la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Grau S.A. (2004), reportó 7.56 en la planta de tratamiento de la ciudad de Grau, Piura; EMSA Puno S.A. (2004), determinó un pH de 7.3 al evaluar la calidad del agua de la planta de tratamiento de Aziruni (Puno) y Vilca (2011), quien obtuvo un pH de 6.59 en agua del reservorio de la localidad de Vilque; por otro lado los resultados son similares a los reportados por Salazar (2015), quien registró valores que oscilan entre 7.31 – 7.75 para la salida de planta de tratamiento y 7.41 – 7.78 en los reservorios de la ciudad de Juliaca.

El agua con pH menor a 6.0 será fuertemente alterado por metales, al aumentar las concentraciones de hidrógeno, aumenta el poder corrosivo sobre el metal (Acosta, 2008) y valores superiores a pH 11 produce irritación ocular y agravación de trastornos oculares (OMS, 1995).

El resultado promedio obtenido para el parámetro dureza total (276.5 ± 37.0 mg/L) difieren de los valores mencionados en otros estudio, siendo así resultados superiores a los reportados por Yanapa (2012), en Ilave obtuvo valores de 77.8 mg/L en la planta de

tratamiento así también en los reservorios 79.10 y 79.33 mg/L; así mismo a la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Grau S.A. (2004), reportó 4 mg/L en la planta de tratamiento de esa ciudad; Vilca (2011), quien obtuvo un valor de 209.96 mg/L en agua del reservorio de Vilque (Puno); por otro lado los resultados son inferiores a los reportados por Salazar (2015), quien registró valores entre 195 – 230 mg/L para la salida de planta de tratamiento y 185 – 310 mg/dl en los reservorios de la ciudad de Juliaca.

No se ha definido si la dureza tiene efectos adversos sobre la salud (Barrenechea, 2005), el agua dura puede crear problemas a los consumidores ya que forma una costra dura en las ollas, tuberías y grifos (Lezcano, 2006).

El promedio obtenidos para el contenido de cloruros (48.1 ± 2.6 mg/L) son superiores a los reportados Vilca (2011), quien obtuvo 6.8 mg/L en agua del reservorio en Vilque; Salazar (2015), quien analizó la calidad en el abastecimiento de la ciudad de Juliaca registrando valores que fluctuaron entre 1.6 – 2.3 mg/L para la salida de planta de tratamiento y 1.0 – 1.7 mg/L en los reservorios, además de Yanapa (2012), en la ciudad de Ilave obtuvo promedios de 20.23 mg/L en la planta de tratamiento y para los reservorios 19.5 y 20.43 mg/L; así mismo son inferiores a los registrados por la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Grau S.A. (2004), reportó 170 mg/L en la planta de tratamiento de la ciudad de Grau, Piura; la variación puede ser atribuida a las características de los suelos del lugar de captación del agua, contaminación fecal por aguas residuales (Doria *et al.*, 2006) el problema relacionado al cloruro es el sabor que le confiere al agua de consumo humano (Baccaro, *et al.*, 2006).

La concentración de sulfatos (138.5 ± 71.1 mg/L) son superiores a los reportados por Salazar (2015), quien registró valores que fluctuaron entre 75 - 90 mg/L para la salida de planta de tratamiento y 70 – 90 mg/L en los reservorios de Juliaca, además de Yanapa (2012), en la ciudad de Ilave obtuvo promedios de 20.23 mg/L en la planta de tratamiento y para los reservorios 19.5 y 20.43 mg/L; así mismo son inferiores a los registrados por la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Grau S.A. (2004), reportó 170 mg/L en la planta de tratamiento de la ciudad de Grau, Piura. Los sulfatos de sodio y magnesio tienen una acción laxante, por lo que no es deseable un exceso de estos en las aguas de consumo humano (Guzmán, 2011).

c) Parámetros bacteriológicos

Los resultados y valores promedios de los parámetros bacteriológicos del agua de salida en la planta de tratamiento del distrito de Samán; siendo así para coliformes totales un promedio de 32 ± 32 UFC/100ml, con un valor máximo de 80 UFC/100ml y un mínimo de 3 UFC/100ml. Los coliformes termotolerantes presentan un promedio de 26 ± 29 UFC/100ml, con un valor máximo de 68 UFC/100ml y un mínimo de 1 UFC/100ml. Estos resultados exceden los límites máximos permisibles (0 UFC/ml ambos parámetros) emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Tabla 12. Parámetros bacteriológicos del agua de salida de la planta de tratamiento del Distrito de Samán

MESES DE MUESTREO	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Coliformes Termotolerantes (UFC/100ml)
Febrero	5	1
Febrero	3	1
Marzo	4	2
Marzo	6	2
Abril	80	68
Abril	75	65
Mayo	40	33
Mayo	41	34
n	8	8
PROMEDIO	32	26
DESV. ESTANDAR	32	29
PERMISIBLE	0.00%	0.00%

Yanapa (2012) y EMSA Puno S.A. (2011) reportaron la ausencia de coliformes totales y fecales (0 NMP/100ml) tanto en plantas de tratamiento como reservorios en Ilave y Desaguadero respectivamente; a lo contrario de Vilca (2011), quien reportó 6.67 NMP/100ml en reservorio de la localidad de Vilque; así también Salazar (2015) reportó ausencia de coliformes totales y fecales en los reservorios, pero reportó 3 NMP/100 ml para coliformes fecales en aguas de la salida en la planta de tratamiento en Juliaca., resultados que son inferiores al obtenido en nuestro estudio (coliformes totales 32 UFC/100ml y coliformes termotolerantes 26 UFC/100ml); resultados similares a los

reportados obtuvo la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Coronel Portillo S.A. (2004), que obtuvo 25 NMP/100ml en la planta de tratamiento.

El agua al pasar por el dosificador de cloro antes de llegar al público usuario, los coliformes deberían estar ausentes (Ramírez, *et al.*, 2009), la contaminación por coliformes indica la ocurrencia de polución fecal y por consiguiente de organismos patógenos (Doria *et al.*, 2009).

Los parámetros bacteriológicos del agua de salida de la planta de tratamiento no son aptas para el consumo humano puesto que sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-S.A. (0 UFC/100ml) lo que significa que el tratamiento del agua cruda es ineficiente en el distrito de Samán, aceptándose en parte la hipótesis planteada.

4.3 Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de consumo humano en la red de distribución domiciliaria del Distrito de Samán.

a) Parámetros físicos

Los resultados obtenidos del análisis de los parámetros físicos del agua de consumo humano en la red de distribución del distrito de Samán son: temperatura promedio de 19.5 ± 0.7 °C domicilio con flujo y 19.5 ± 0.9 °C domicilio sin flujo; conductividad eléctrica de 678.8 ± 32.8 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y 684.1 ± 39.8 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en domicilio con flujo y sin flujo respectivamente; sólidos disueltos totales 326.6 ± 15.0 mg/L en domicilio con flujo y 329.5 ± 20.6 en domicilio sin flujo; los promedios obtenidos están dentro de los límites máximos permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Tabla 13. Parámetros físicos del agua de consumo humano en la red de distribución domiciliar del Distrito de Samán.

MESES DE MUESTREO	Temperatura (°C)		Conductividad eléctrica (µs/cm)		Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	
	D. con flujo	D. sin flujo	D. con flujo	D. sin flujo	D. con flujo	D. sin flujo
Enero	20.8	20.9	643	643	309	308
Enero	20.1	20.7	638	644	312	310
Febrero	19.2	19.0	661	662	318	318
Febrero	19.3	19.2	675	658	320	315
Marzo	18.6	18.6	721	742	346	361
Marzo	18.8	18.6	728	740	350	357
Abril	19.8	19.7	685	691	329	332
Abril	19.3	19.6	679	693	329	335
n	8	8	8	8	8	8
PROMEDIO	19.5	19.5	678.8	684.1	326.6	329.5
DESV. ESTANDAR	0.7	0.9	32.8	39.8	15.0	20.6
PERMISIBLE	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Los valores obtenidos respecto a la temperatura (19.5 ± 0.7 °C domicilio con flujo y 19.5 ± 0.9 °C domicilio sin flujo) fueron superiores a los reportados por Yanapa (2012), en los domicilios de la ciudad de Ilave obtuvo promedios de 16.30 °C en la zona central y 16.63 °C en la zona periférica; así mismo son inferiores a los registrados por; EMSA Puno S.A. (2011), obtuvo cifras de 14.6 °C y 14.7 °C al analizar el agua potable en la red de distribución de las zonas Cumi y Calacala en Desaguadero; además de Vilca (2011), quien reportó 14.96 °C en las piletas domiciliarias de Vilque.

Los resultados de conductividad eléctrica (678.8 ± 32.8 µs/cm domicilio con flujo y 684.1 ± 39.8 µs/cm en domicilio sin flujo) obtenidos fueron superiores a los mencionados por Vilca (2011) quien reporta valores promedio conductividad eléctrica 171.67 µs/cm en el reservorio de Vilque; e inferiores a los indicados por Salazar (2015), quien determinó en agua de los conos de la ciudad de Juliaca valores entre 1024 - 1225 µs/cm, al igual que Mamani (2007) quien obtuvo promedios de 1283 µs/cm en agua de caño del distrito de Huanuara (Tacna); así también Oruna (2010), en muestras de agua de la ciudad de Puno reportó valores entre 2.41 – 1646 µs/cm.

La conductividad eléctrica elevada, puede indicar posible contaminación con nitratos, pudiendo originar metahemoglobinemias que ocasionan una enfermedad mortal para los lactantes (Gonzales *et al.*, 2007).

Los resultados obtenidos para sólidos disueltos totales (326.6 ± 15.0 mg/L en domicilio con flujo y 329.5 ± 20.6 en domicilio sin flujo) son similares a los reportados por EMSA Puno S.A. (2011), obtuvo cifras de 294 y 371 mg/L al analizar el agua potable en la red de distribución de las zonas Cumi y Calacala en Desaguadero; y superiores a los reportados por Yanapa (2012), en los domicilios de la ciudad de Ilave obtuvo promedios de 121.19 mg/L y 121.72 mg/L para la zona central y periférica respectivamente; Vilca (2011), 73.7 mg/L en las viviendas de Vilque; y DIGESA (2006), analizó el agua potable de Ayacucho y reportó 152.6 mg/L de sólidos disueltos totales; así mismo fueron inferiores a los resultados mencionados por Salazar (2015), quien registró valores que oscilan entre 506 – 583 mg/L para la salida de plata de tratamiento y 499 – 592 mg/L en los reservorios de la ciudad de Juliaca; Mamani (2007), 637.3 mg/L en agua de caño de Huanuara (Tacna); y Oruna (2010), determinó en agua potable de Puno valores entre 352 – 1061 mg/L. En aguas para consumo humano, un elevado contenido de sólidos disueltos, pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor (Romero, 2009).

b) Parámetros químicos

Los resultados obtenidos del análisis de los parámetros químicos del agua de consumo humano en la red de distribución del distrito de Samán para Domicilio con flujo son: pH 7.35 ± 0.08 °C, dureza total de 243 ± 29.96 mg/L, cloruros 47 ± 5.10 mg/L, sulfatos 139 ± 68.50 mg/L; Domicilio sin flujo: pH 7.37 ± 0.03 °C, dureza total de 289 ± 6.68 mg/L, cloruros 47 ± 2.12 mg/L, sulfatos 135 ± 67.02 mg/L. los promedios obtenidos están dentro de los límites máximos permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Tabla 14. Parámetros químicos del agua de consumo humano en la red de distribución domiciliar del Distrito de Samán.

MESES DE MUESTREO	Potencial de Hidrógeno (pH)		Dureza total (mg/l)		Cloruros (mg/l)		Sulfatos (mg/l)	
	Con Flujo	Sin Flujo	Con Flujo	Sin Flujo	Con Flujo	Sin Flujo	Con Flujo	Sin Flujo
Febrero	7.49	7.41	230	285	50	50	150	145
Febrero	7.43	7.42	227	290	52	49	159	148
Marzo	7.35	7.38	210	295	40	45	30	29
Marzo	7.29	7.36	203	302	38	49	33	31
Abril	7.25	7.32	284	287	49	46	202	191
Abril	7.27	7.33	278	282	48	44	190	195
Mayo	7.38	7.37	254	283	49	47	170	170
Mayo	7.34	7.37	255	288	50	48	180	169
n	8	8	8	8	8	8	8	8
PROMEDIO	7.35	7.37	243	289	47	47	139	135
DESV. ESTANDAR	0.08	0.03	29.96	6.68	5.10	2.12	68.50	67.02
PERMISIBLE	100	100	100	100	100	100	100	100
	%	%	%	%	%	%	%	%

Los resultados obtenidos para el pH son superiores a los reportados por EMSA Puno S.A. (2011), obtuvo un promedio de 5.7 y 5.5 al analizar el agua potable de la red de distribución de las zonas Cumi y Calacala en Desaguadero; y superiores a los reportados por Yanapa (2012), en la ciudad de Ilave obtuvo promedios de 7.55 en la zona central y 7.52 en la zona periférica de la ciudad; así mismo Oruna (2010), reportó valores entre 6.24 – 8.65 en la ciudad de Puno; y Vilca (2011), quien obtuvo un pH de 6.3 en agua potable de las viviendas en la localidad de Vilque. Por otro lado los resultados son inferiores a los mencionados por DIGESA (2006), determinó un pH de 8.4 al evaluar la calidad del agua del agua potable en Ayacucho; por otro lado los resultados son similares a los reportados por Salazar (2015), quien registró valores que oscilan entre 7.37 – 7.70 en los domicilio de los conos de Juliaca.

El resultado promedio obtenido para el parámetro dureza total difieren de los valores mencionados en otros estudio, siendo así resultados superiores a los reportados por Yanapa (2012), en Ilave obtuvo valores de 78.94 mg/L y 79.36 mg/L para la zona central y periférica respectivamente; así mismo Oruna (2010), obtuvo valores que

oscilan entre 44.15 – 166.0 mg/L en Puno; Vilca (2011), quien obtuvo un valor de 176.64 mg/L en agua de domicilios en Vilque (Puno); DIGESA (2006), reporta 250 mg/L en agua potable de Anco (Ayacucho); y también a los reportados por Salazar (2015), quien registró valores entre 170 – 265 mg/L en los conos de Juliaca.

El promedio obtenidos para el contenido de cloruros son superiores a los reportados Vilca (2011), quien obtuvo 6.81 mg/L en agua de domicilio en Vilque; Salazar (2015), quien analizó la calidad en el abastecimiento de la ciudad de Juliaca registrando valores que fluctuaron entre 0.7 – 1.4 mg/L para los conos de la ciudad, además de Yanapa (2012), en la ciudad de Ilave obtuvo promedios de 20.47 mg/L y 27.34 mg/L para la zona central y periférica respectivamente; así mismo son inferiores a los registrados por EMSA Puno S.A. (2011), reportó 34.75 y 44.97 md/L en la red de distribución de Cumi y Calacala respectivamente; y finalmente Oruna (2010), quien reportó valores entre 11.98 – 209.64 mg/L en Puno.

La concentración de sulfatos son superiores a los reportados por Yanapa (2012), en la ciudad de Ilave obtuvo promedios de 14.23 mg/L en la zona central y para la zona periférica 13.93 mg/L. Por otra parte inferiores a los mencionados por Salazar (2015), quien registró valores que fluctuaron entre 65 - 90 mg/L en domicilios de los conos de Juliaca; Oruna (2010), registró valores que oscilan entre 26 y 740 mg/L; y además EMSA Puno S.A. (2011), reportó 88.00 y 180.00 mg/L en la red de distribución de Cumi y Calacala respectivamente;

a) **Parámetros bacteriológicos**

Los resultados obtenidos del análisis de los parámetros bacteriológicos del agua de consumo humano en la red de distribución del distrito de Samán para Domicilio con flujo son: coliformes totales 64.13 ± 42.13 UFC/100ml y coliformes termotolerantes 42.12 ± 28.09 UFC/100ml; Domicilio sin flujo: 78.13 ± 65.36 UFC/100ml y 65.13 ± 67.07 UFC/100ml para coliformes totales y termotolerantes respectivamente. Los promedios obtenidos exceden los límites máximos permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Tabla 15. Parámetros bacteriológicos del agua de consumo humano en la red de distribución domiciliaria del Distrito de Samán.

MESES DE MUESTREO	Coliformes Totales (UFC/100ml)		Coliformes Termotolerantes (UFC/100ml)	
	Con Flujo	Sin Flujo	Con Flujo	Sin Flujo
Febrero	12	20	6	13
Febrero	15	18	5	15
Marzo	106	186	65	167
Marzo	110	175	63	160
Abril	93	56	64	42
Abril	100	60	75	50
Mayo	40	56	31	40
Mayo	37	54	28	34
n	8	8	8	8
PROMEDIO	64.13	78.13	42.13	65.13
DESV. ESTANDAR	42.13	65.36	28.09	62.07
PERMISIBLE	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

EMSA Puno S.A. (2011) reportó la ausencia de coliformes totales y fecales (0 NMP/100ml) en la red de distribución de las zonas Cumi y calacala (Desaguadero); de igual manera Salazar (2015) reportó ausencia de coliformes totales y fecales en aguas de las viviendas de los conos de la ciudad de Juliaca. Al contrario de Yanapa (2012), quien analizó la calidad organoléptica, físico-química y bacteriológica del agua potable de la ciudad de Ilave, reportó en aguas de las viviendas promedios de 30.83 NMP/100ml para coliformes totales y 1.67 NMP/00ml coliformes fecales en la zona central; y 21.67 NMP/100ml para coliformes totales y 1.83 NMP/00ml coliformes fecales en la zona periférica de la ciudad. Al respecto Vilca (2011), reportó 21.67 NMP/100ml en el agua potable de las viviendas de la localidad de Vilque; y Oruna (2010), reportó 0 – 7 NMP/100ml de coliformes fecales en muestras de agua en Puno. Siendo así resultados inferiores a los obtenidos en nuestro estudio.

El agua que pasa por el dosificador de cloro deberían estar ausentes los coliformes al llegar a la red de distribución, caso contrario se estaría contaminando por las tuberías de desagües o alcantarillados (Ramírez *et al.*, 2009). La presencia de coliformes en muestras de agua domiciliaria podría deberse a la contaminación con aguas

superficiales que probamente estén ingresando a la red de distribución por las tuberías dañadas o rajadas (EMSA Puno, 2011).

Los parámetros bacteriológicos del agua en la red de distribución domiciliaria no son aptos para el consumo humano puesto que sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-S.A. (0 UFC/100ml) lo que significa que existe deficiencias en el tratamiento del agua cruda y las redes de distribución en el distrito de Samán, aceptándose en parte la hipótesis planteada.

Comparación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de consumo humano en el distrito de Samán

Los parámetros físicos presentan una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre la zona de captación (agua no tratada) y agua de la salida de la planta de tratamiento, red de distribución (agua potable); así también respecto a los parámetros químicos se observa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre la zona de captación (agua no tratada) y agua de la salida de la planta de tratamiento, red de distribución (agua potable), a excepción de los nitratos en cuyos resultados no existe diferencia significativa aun así los valores están dentro de lo permitido; lo cual indica que el tratamiento realizado ayuda a mejorar la calidad fisicoquímica del agua para consumo humano, puesto que los resultados no sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM.

Tabla 16. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de consumo humano en el distrito de Samán

Zona de muestreo	n	Zona de captación	Salida planta de tratamiento	Red de distribución	
				Con flujo	Sin flujo
Parámetros Físicos					
Temperatura (°C)	8	18.56 ^a	18.95 ^a	19.49 ^b	19.54 ^b
Conductividad eléctrica (uS/cm)	8	471.63 ^a	686.63 ^b	678.75 ^b	684.13 ^b
SDT (mg/ml)	8	232.38 ^a	329.63 ^b	326.63 ^b	329.50 ^b
Parámetros Químicos					
pH (unidades pH)	8	7.75 ^a	7.29 ^b	7.36 ^b	7.38 ^b
Dureza total (mg/ml)	8	215.25 ^a	276.50 ^b	242.63 ^b	289.00 ^b
Cloruros (mg/ml)	8	33.88 ^a	48.13 ^b	47.00 ^b	47.25 ^b
Sulfatos (mg/ml)	8	104.50 ^a	138.50 ^b	139.25 ^b	134.75 ^b
Nitratos (mg/ml)	8	4.39 ^a	3.58 ^a	4.18 ^a	4.17 ^a
Parámetros bacteriológicos					
Coliformes totales (UFC/100ml)	8	467 ^a	32 ^b	86 ^b	56 ^b
Coliformes Termotolerantes (UFC/100ml)	8	392 ^a	26 ^b	69 ^b	38 ^b

^{a,b} Letras diferentes en la misma columna difieren significativamente ($p \leq 0.05$).

Respecto a los parámetros bacteriológicos se observa estadísticamente una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las zonas de muestreo; zona de captación para coliformes totales 467 UFC/100ml, coliformes termotolerantes 392 UFC/100ml; para el agua de salida de la planta de tratamiento coliformes totales 32 UFC/100ml y 26 UFC/100ml coliformes termotolerantes; en la red de distribución: con flujo 86 y 69 UFC/ml, sin flujo 56 y 38 UFC/100ml para coliformes totales y termotolerantes respectivamente. Lo cual demuestra que existe una considerable disminución de la carga bacteriana presente en el agua de consumo humano, lo cual indica que el tratamiento brindado ayuda a mejorar la calidad del agua, pero no en la manera efectiva o deseada puesto que el agua para consumo humano aun presenta carga bacteriana que supera los límites máximos permisibles establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano DS N° 031-2010-SA.; por lo cual el agua no es apta para consumo humano.

V. CONCLUSIONES

1. Los parámetros fisicoquímicos del agua de ingreso (Rio Ramis) a la planta de tratamiento: temperatura, conductividad eléctrica, pH, dureza total, cloruros y sulfatos no exceden los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM, para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable por desinfección; mientras que los parámetros bacteriológicos: coliformes totales y fecales, exceden los límites máximos permisibles por lo cual no son aptas para ser destinadas a la producción de agua potable por desinfección, pero si pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.
2. Los parámetros fisicoquímicos del agua de salida de la planta de tratamiento: temperatura, conductividad eléctrica, pH, dureza total, cloruros y sulfatos, no exceden los límites máximos permisibles establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA; en cambio los parámetros bacteriológicos: coliformes totales y fecales, exceden los límites máximos permisibles por lo cual no son aptas para el consumo humano.
3. Los parámetros fisicoquímicos del agua de consumo humano en la red de distribución: temperatura, conductividad eléctrica, pH, dureza total, cloruros y sulfatos, no exceden los límites máximos permisibles establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA; en cambio los parámetros bacteriológicos: coliformes totales y fecales, exceden los límites máximos permisibles por lo cual no son aptas para el consumo humano.
4. La comparación de calidad fisicoquímica y bacteriológica de agua para consumo humano, muestra diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre en entre la zona de captación y salida de la planta de tratamiento, red de distribución; el tratamiento mejora la calidad del agua para los parámetros fisicoquímicos, que no superan los límites permisibles; así también disminuye los valores de los parámetros bacteriológicos pero no en la manera deseada puesto que la carga bacteriana que presenta hacen que el agua no sea apta para el consumo humano según el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar el mantenimiento y la mejora de la planta de tratamiento del distrito de Samán para poder potabilizar el agua con un tratamiento convencional
2. Realizar controles de calidad en todo el sistema de abastecimiento de agua potable.
3. Realizar mantenimiento y/o renovación de la tubería dañada en la red de distribución domiciliaria
4. Implementar programas de educación sanitaria para reducir y/o evitar la contaminación bacteriológica en la zona de captación del río Ramis que son las que sirven de fuente de producción de agua potable.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abad Ortiz, A. (2014). Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de cinco manantiales del distrito de Jacas Chico provincia de Yarowilca, región Huánuco. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano., (pág. 72). Puno-Perú.

Abarca, S., & Mora, B. (2007). Contaminación del agua. Revista Biocenosis. Costa Rica. Vol. 20, No. 2.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, EORD PRINT AND COMMNUCATION FORUM. (APHA – AWWA - WPFC). 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Diaz de Santos. Madrid.

Acosta S. 2008. Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos / Enviromental Sanitation and food higiene. Segunda Edición. Editorial Brujas. Impresa en Córdoba.

Asano, T., & Levine, D. (1998). Wastewater reclamation, recycling and reuse: an introduction. In wastewater reclamation and reuse. Takashi Asano (editor). Technomic Publishing. Lancaster.

Aurazo M. Manual para análisis básicos de calidad de agua de bebida. Perú: Centro panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente; 2004.

Barrenechea A. 2005. Tratamiento de agua para consumo. Volumen I. Editorial Universidad nacional del Callao. Lima – Perú.

Cáceres O. 2002. Documentos técnicos de riesgo de salud ambiental agua y saneamiento. Ministerio de Salud – OPS. Lima – Perú.

Camacho, A., Giles, M., Ortegón, M., Palao, B., & Velázquez, O. (2009). Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos (segunda ed.). (UNAM, Ed.) México: Facultad de química.

Campos C. 1999. Indicadores de Contaminación Fecal en la reutilización de aguas residuales para riego agrícola. Tesis doctoral. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona.

Cárdenas L. 2007. Documentos sobre calidad de aguas – Alcalinidad. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras Alcalinidad.

Clair N., Perry L., McCarty, & Gene F. 2000. Química para ingeniería ambiental. Cuarta Edición.

Crites, R., & Tchoganoglous, G. (2000). Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Editorial Mc – Hill Interamericana. Bogotá – Colombia.

DIGESA. (2006). Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales. Dirección de ecología y protección del ambiente. Área de protección de los recursos hídricos: Ministerio de salud. Lima – Perú.

DIGESA. (2010). Dirección General de Salud Ambiental. Decreto supremo N° 031-2010 S.A, pág. 44.

Doria, C., Daza, A., Delique, H., López, A., & Serna, J. (2008). Caracterización físico química y microbiológico de las agua de reservorios en los resguardos indígenas localizados en la zona de influencia del complejo carbonífero Cerrejón. Documento de investigación G. L. territorios semiáridos del caribe y fundación Cerrejón para el agua en la Guarija.

EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BASICO DE PUNO S.A. (EMSA Puno S.A.). 2011. Informe de supervisión y fiscalización. Control de calidad de agua potable, administración local de Desaguadero. Laboratorio control de calidad. Puno – Perú.

EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BASICO DE PUNO S.A. (EMSA Puno S.A.). 2004. Informe de supervisión y fiscalización. Control de calidad de agua potable Puno – Perú.

Entidad Prestadora de Servicio de Saneamiento Grau S.A. 2004. Supervisión y fiscalización de suministro del agua potable. Grau – Piura.

Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Coronel Portillo S.A. 2004. Control de calidad del agua potable.

García, R., Carmen, M., & Veguillas, D. (2003). Calidad de agua de fuentes de manantial en la Zona básica de salud Shiguenza. Madrid.

Guerra M., Francisco J., Adelwart S., & Santiago V. 2008. Caracterización de aguas residuales laboratorio de ingeniería ambiental.

Harris C. 2007. Análisis químicos cuantitativos. Editorial Reverte. Segunda edición.

Hernández M. 2000. El cuidado del medio ambiente. Impreso en México. UAEM.

INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS (ITINTEC). 2002. Norma Técnica Peruana NTP 214.003. Junio 1987: agua potable, requisitos: comisión de reglamentos técnicos y comerciales. Lima – Perú.

Jiménez B. 2002. La contaminación ambiental en México. Editorial Limusa.

Madigan M., Martinku G. & Parker J. 2009. Biología de los Microorganismos. Décima edición. Editorial Pearson.

Marchand, P. (2002). Microorganismos indicadores de la calidad de agua de consumo en Lima Metropolitana. Tesis para optar el título profesional de Biólogo. Universidad San Marcos, (pág. 71). Lima-Perú.

Marín, B., Martín, L., Garay, J., Troncoso, W., Betancourt, J., Gómes, M., y otros. (2003). Sistema de Indicadores de la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia-SISCAM. Técnico final, INVEMAR, Colombia..

Mendoza, M. (2011). Microbiología y factores físicos de las aguas de las desembocaduras de los principales tributarios del lago Titicaca. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú. 88 p.

Ministerio del Ambiente (MINAM) 2012. Evaluación ambiental y programas de remediación de la cuenca alta del río Ramis. Lima – Perú.

Nicolet, J. (2003). Compendio de bacteriología médica. España: Acribia S. A.

NORMA MEXICANA (NMX) – AA – 093 – SCFI. 2000. Análisis de agua determinación de conductividad eléctrica – Método de prueba.

Ocasio N. y López M. 2004. El uso del cloro en la desinfección del agua. Página web: <http://www.edustapir.com/proyectos/inv97-98-11-3.pdf>. Fecha de consulta 13 de octubre 2015.

Organización Panamericana de la Salud. 1987. Guías para la calidad del agua potable. Volumen 2, criterios relativos a la salud y otra información base. Organización Mundial de la Salud, Publicación Científica No. 506. Washington D.C.

Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable primer apéndice a la tercera edición Volumen 1 Recomendaciones Organización Mundial de la Salud del año 2006.

Oruna, N. (2010). Calidad microbiológica y los principales parámetros – fisicoquímicos del agua potable de la Ciudad de Puno. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. Puno.

Orellana J. 2005. Ingeniería Sanitaria. Volumen III. Editorial Universidad Nacional del Callao. Lima – Perú.

Prieto, J. (2004). El agua sus formas efectos abastecimiento, usos, daños, control y

conservacion (D.C 275 ed.). Bogota: Eco Ediciones.

Quispe Humpiri, R. (2010).). Componentes fisicoquímicos e indicadores bacterianos de contaminación fecal en aguas de consumo humano de la ciudad de aplao, Valle de Majes. Arequipa. Para optar el Título de Licenciado en Biología. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, (pág. 80). Puno.

Ramírez, E., Robles, E., Sainz, G., Ayala, R., Campoy, E. (2009). Calidad microbiológica del acuífero de Zacatepec, Morelos, México. Facultad de Estudios Superiores, Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. 25 (4) 247-255 p.

Romero Rojas, J. A. (2006). Potabilización del agua (tercera ed.). Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Salazar, M. (2015). Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua, en el sistema de abastecimiento para consumo humano, en la ciudad de Juliaca – 2014. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú. 96 p.

Sierra, R. (2011). Calidad de agua. Primera edición. Editorial Ediciones de la U. Bogotá – Colombia, 457 p.

Silva, J., Ramírez, L., Alfieri, A., Rivas, G., Sánchez, M. Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, Coniformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. 2004.

Spellman J. 2004. Manual de agua potable. Edición XII. Editorial Acribia.

Tyler M. 2007. Ciencia ambiental, desarrollo sostenible.

Tortora Gberdell, R. (2007). Introducción a la microbiología (Novena ed.). Buenos Aires- Argentina: Medica Panamericana.

Vargas L. 2008. Tratamiento de agua para consumo humano. Volumen II. Editorial Universidad Nacional del Callao. Lima – Perú.

Vilca, K. (2011). Calidad bacteriológica y físico química del agua de consumo humano en la localidad de Vilque. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú

Yanapa, J. (2012). Calidad organoléptica, físico – química y bacteriológica del agua potable de la ciudad de Ilave. Tesis para optar el Título de Lic. En Biología. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, (pág. 70). Puno.

ANEXOS

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

DECRETO SUPREMO
N° 004-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel 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; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

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

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas 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.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas 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.

- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

**- B1. Contacto primario**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales**a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**a) Subcategoría D1: Riego de vegetales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lúcticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lúcticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos**- Estuarios**

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

- Marinos

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precisese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermiales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.

d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

5.2 La aplicación de los ECA para Agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

Artículo 6.- Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

En aquellos cuerpos naturales de agua que por sus condiciones naturales o, por la influencia de fenómenos naturales, presenten parámetros en concentraciones superiores a la categoría de ECA para Agua asignada, se exceptúa la aplicación de los mismos para efectos del monitoreo de la calidad ambiental, en tanto se mantenga uno o más de los siguientes supuestos:

a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que influyen en la calidad ambiental de determinados cuerpos naturales de aguas superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos científicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.

b) Ocurrencia de fenómenos naturales extremos, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías) de sustancias o elementos que componen el cuerpo natural de agua, las cuales deben ser reportadas con el respectivo sustento técnico.

c) Desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento excesivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto, se debe demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes, mediante estudios técnicos científicos aprobados por la autoridad competente.

d) Otras condiciones debidamente comprobadas mediante estudios o informes técnicos científicos actualizados y aprobados por la autoridad competente.

Artículo 7.- Verificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fuera de la zona de mezcla

7.1 En cuerpos naturales de agua donde se vierten aguas tratadas, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, entendida esta zona como aquella que contiene el volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.

7.2 Durante la evaluación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes consideran y/o verifican el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, en aquellos parámetros asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

7.3 La metodología y aspectos técnicos para la determinación de las zonas de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y la autoridad competente.

Artículo 8.- Sistematización de la información

8.1 Las autoridades competentes de los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión y/o fiscalización ambiental remitirán

al Ministerio del Ambiente la información generada en el desarrollo de estas actividades con relación a la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, a fin de que sirva como insumo para la elaboración del Informe Nacional del Estado del Ambiente y para el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

8.2 La autoridad competente debe remitir al Ministerio del Ambiente la relación de aquellos cuerpos naturales de agua exceptuados de la aplicación del ECA para Agua, referidos en los literales a) y c) del artículo 6 del presente Decreto Supremo, adjuntando el sustento técnico correspondiente.

8.3 El Ministerio del Ambiente establece los procedimientos, plazos y los formatos para la remisión de la información.

Artículo 9.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, el Ministro de Agricultura y Riego, el Ministro de Energía y Minas, la Ministra de Salud, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Agua se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

Segunda.- Del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua

Las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua debe realizarse de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

Tercera.- Métodos de ensayo o técnicas analíticas

El Ministerio del Ambiente, en un plazo no mayor a seis (6) meses contado desde la vigencia de la presente norma, establece los métodos de ensayo o técnicas analíticas aplicables a la medición de los ECA para Agua aprobados por la presente norma, en coordinación con el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y las autoridades competentes.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental y/o plan integral en trámite ante la Autoridad Competente

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o plan integral ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Agua vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Agua aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

Segunda.- De la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas

Para la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, la Autoridad Nacional del Agua, tomará en cuenta los ECA para Agua considerados en la aprobación del instrumento de gestión ambiental correspondiente.

Tercera.- De la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados

En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del

recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derogación de normas referidas a Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	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
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
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	**	**

Parámetros	Unidad de medida	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
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
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₈ - C ₄₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoforno	mg/L	0,1	**	**
Cloroforno	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrín + Dieldrín	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrín	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃⁻).

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos-N (NO₂-N), multiplicar el resultado por el factor 3.28 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO₂).

(e) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{E_{\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{E_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{E_{\text{Bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{E_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

Dónde:

C= concentración en mg/L y
ECA= Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano).

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.
Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

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.

Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	10	**
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
<i>Salmonella spp</i>	Presencia/100 ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

Nota 2:

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- 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.

CONSTANCIA DE ANALISIS.

Quien suscribe, Lic. Wilber R. Cornejo Pilco (e) del Laboratorio de Control de Calidad de la E.P.S. SEDA JULIACA S.A., hace constar por medio de la presente que el Br. José Antonio Martínez Olivares, identificado con DNI 46452457, egresado de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, realizó los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos en muestras de agua en fechas 15, 16, 23, 24, 29 y 30 de Marzo del 2016, para su trabajo de investigación titulado CALIDAD FISICOQUIMICA Y BACTERIOLOGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE SAMAN, PROVINCIA DE AZANGARO-PUNO.

Para los usos que al interesado convengan se extiende la presente en la Ciudad de Juliaca a los 27 días del mes de Diciembre del año 2017.

Atentamente.



E.P.S. SEDA JULIACA S.A.
Wilber R. Cornejo Pilco
Lic. Wilber R. Cornejo Pilco
C.B.P. 9709
Analista de Laboratorio