

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ECOLOGÍA**



**TESIS**

**PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, METALES PESADOS (As y Pb),  
BACTERIOLÓGICOS Y ALTERNATIVAS DE SANEAMIENTO  
AMBIENTAL DE FUENTES DE AGUA DE LA COMUNIDAD SUCHES,  
DISTRITO CARACOTO, PROVINCIA SAN ROMÁN, REGIÓN PUNO, 2018**

**PRESENTADA POR:**

**MERY MARIBEL MAMANI AGUILAR**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAGISTER SCIENTIAE EN ECOLOGÍA  
MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL**

**PUNO, PERÚ**

**2019**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA



TESIS

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, METALES PESADOS (As y Pb),  
BACTERIOLÓGICOS Y ALTERNATIVAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL  
DE FUENTES DE AGUA DE LA COMUNIDAD SUCHES, DISTRITO  
CARACOTO, PROVINCIA SAN ROMÁN, REGIÓN PUNO, 2018

PRESENTADA POR:

MERY MARIBEL MAMANI AGUILAR

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGÍSTER SCIENTIAE EN ECOLOGÍA

MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

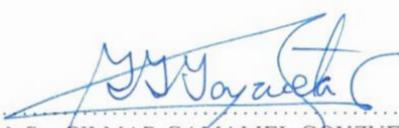
PRESIDENTE

:

  
.....  
Dr. Sc. MOISÉS PÉREZ CAPA

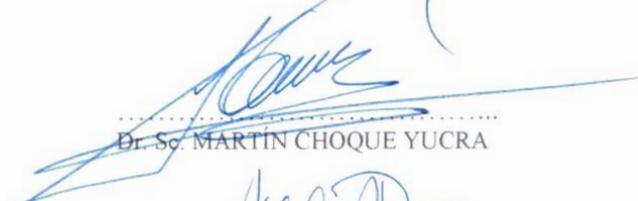
PRIMER MIEMBRO

:

  
.....  
M. Sc. GILMAR GAMALIEL GOYZUETA CAMACHO

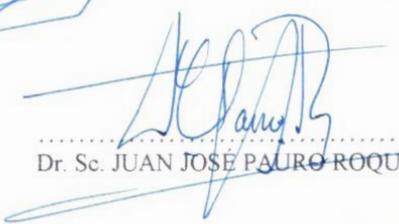
SEGUNDO MIEMBRO

:

  
.....  
Dr. Sc. MARTÍN CHOQUE YUCRA

ASESOR DE TESIS

:

  
.....  
Dr. Sc. JUAN JOSÉ PAURO ROQUE

Puno, 02 de mayo del 2019

**ÁREA:** Calidad Ambiental.

**TEMA:** Calidad de fuentes de agua de consumo humano y bebida de animales.

**LÍNEA:** Recursos Naturales y Medio Ambiente.

## DEDICATORIA

- A Dios, por darme la oportunidad de seguir viviendo y brindarme la posibilidad de tener ángeles que me cuiden.
- A mi madre Valentina que hoy me ilumina desde el cielo, por enseñarme valores en la vida a mi padre Antonio (+). Con mucho amor a mi esposo Washington, a mis hermanas y hermanos por los consejos brindados.
- A mis amigas y amigos que he conocido en el camino del estudio, trabajo y de la vida, gracias por su amistad.

## AGRADECIMIENTOS

- Al Programa Nacional de Innovación Agraria - PNIA, por el apoyo en la ejecución del presente trabajo de investigación.
- La Universidad Nacional del Altiplano de Puno, alma mater de Ciencia y Tecnología.
- Al Programa de Maestría en Ecología de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano, a los docentes que me impartieron sus conocimientos.
- A las Facultades de Ciencias Biológicas y Agrarias de la UNA – Puno, a todos los docentes integrantes de la Facultad, por los conocimientos impartidos durante mi formación profesional.
- A los miembros del jurado, por sus oportunas y acertadas observaciones en la ejecución y elaboración del presente trabajo de investigación.
- Al Dr. Juan José Pauro Roque, por su incondicional apoyo, quien supo dirigirme acertadamente en la ejecución y elaboración del presente trabajo.
- A los productores de la Comunidad Campesina de Suches, del distrito de Caracoto, por brindarme las facilidades para la ejecución del presente trabajo de investigación.
- En fin, quiero agradecer a todos mis compañeros de estudios que siempre me han apoyado y han estado a mi lado, y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en la ejecución y elaboración del presente trabajo de investigación.

**ÍNDICE GENERAL**

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
1.1. Marco teórico	2
1.1.1 El agua	2
1.1.2 Aguas subterráneas	2
1.1.3 Pozos artesanos	3
1.1.4 Calidad de agua	3
1.1.5 Parámetros de la calidad físico	4
1.1.6 Aspectos bacteriológicos del agua	8
1.2. Antecedentes	9
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
2.1 Identificación del problema	16
2.2 Enunciados del problema	17
2.3 Justificación	17
2.4 Objetivos	18
2.5 Hipótesis	19
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA</b>	
3.1 Lugar de estudio	20
3.2 Población y muestra	21
3.3 Metodología por objetivos específicos	22

**CAPÍTULO IV****RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1 Parámetros fisicoquímicos de las muestras de aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches comparando con la norma ECAs, para mitigar los daños en la biota y la salud pública.	26
4.2 Recuentos de bacterias coliformes totales y termotolerantes presentan las muestras de aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches y evitar el daño a la biota y la salud pública	55
4.3 Alternativas de saneamiento ambiental para aplicar en aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches para mitigar los daños en la biota y la salud pública.	61
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXOS	78

**ÍNDICE DE TABLAS**

	Pág.
1. Distribución de muestras de agua a evaluar en la investigación	21
2. Valores de pH (unidades) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. de Suches	27
3. Valores de dureza (mg/l) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	30
4. Valores de conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	33
5. Contenido de bicarbonatos (mg/l) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	37
6. Contenido de cloruros (mg/l) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	40
7. Contenido de sulfatos (mg/l) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	43
8. Contenido de nitratos (mg/l) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	46
9. Contenido de arsénico (mg/l) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	49
10. Contenido de plomo (mg/l) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	52
11. Contenido de coliformes totales (NMP/100 ml) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	56
12. Contenido de coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Puntos de muestreo de agua de pozo y río Coata, en la comunidad Suches, distrito Caracoto, provincia San Román, Región Puno	20
2. Valores de pH según normatividad vigente de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	27
3. Prueba de Tukey de los valores de pH de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	28
4. Valores de dureza según normatividad de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	30
5. Prueba de Tukey de los valores de dureza total de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	31
6. Valores de conductividad según normatividad de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	34
7. Prueba de Tukey de los valores de conductividad eléctrica de las muestras de agua colectadas del río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	34
8. Valores de bicarbonato según normatividad de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	37
9. Prueba de Tukey de los contenidos de bicarbonatos en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	38
10. Valores de cloruros según normatividad de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	40
11. Prueba de Tukey de los contenidos de cloruros en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	41
12. Valores de contenido de sulfatos según normatividad de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	44
13. Prueba de Tukey de los contenidos de sulfatos en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	44
14. Valores de contenido de nitratos según normatividad, de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	47
15. Prueba de Tukey de los contenidos de nitratos en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	47

16. Valores de contenido de arsénico según normatividad en muestras de agua colectadas en el río Coata y fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	49
17. Prueba de Tukey de los contenidos de arsénico en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	50
18. Valores de contenido de plomo según normatividad de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	53
19. Prueba de Tukey de los contenidos de plomo en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	53
20. Valores de contenido de coliformes totales según normatividad, de muestras de agua colectadas en río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	56
21. Prueba de Tukey de los contenidos de coliformes totales en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches	57
22. Valores de contenido de coliformes termotolerantes según normatividad de muestras de agua del río Coata y sus fuentes aledañas en la C.C. Suches	59
23. Prueba de Tukey de los contenidos de coliformes termotolerantes en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus aledaños en la C.C. Suches	60
24. Toma de muestra de agua en el punto de muestreo P1-BQQ	79
25. Toma de muestra de agua en el punto de muestreo P2-JBQY	79
26. Toma de muestra de agua en el punto de muestreo P3-SAQQ	79
27. Toma de muestra de agua en el punto de muestreo P4-QQQ	80
28. Kit para la determinación de nitratos en muestras de agua	80
29. Titulometría para dureza, cloruros, entre otros en muestra de agua	80

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Panel fotográfico	79
2. Análisis de varianza y prueba de Tukey para los valores de pH en las muestras de agua.	81
3. Análisis de varianza y prueba de Tukey para los valores de dureza en las muestras de agua.	81
4. Análisis de varianza y prueba de Tukey para los valores de dureza en las muestras de agua.	81
5. Análisis de varianza y prueba de Tukey para los contenidos de bicarbonatos en las muestras de agua.	82
6. Análisis de varianza y prueba de Tukey para los contenidos de cloruros en las muestras de agua.	82
7. Análisis de varianza y prueba de Tukey para los contenidos de sulfatos en las muestras de agua.	82
8. Análisis de varianza y prueba de Tukey para los contenidos de nitratos en las muestras de agua.	83
9. Análisis de varianza y prueba de Tukey para los contenidos de arsénico en las muestras de agua.	83
10. Análisis de varianza y prueba de Tukey para los contenidos de plomo en las muestras de agua.	83
11. Análisis de varianza y prueba de Tukey para los recuentos de coliformes totales en las muestras de agua.	84
12. Análisis de varianza y prueba de Tukey para los recuentos de coliformes termotolerantes en las muestras de agua.	84
13. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)	85
14. Resultados de laboratorio en metales pesados	95

## RESUMEN

**El problema** que enfoca la investigación, es el río Coata contaminado por aguas residuales de la ciudad de Juliaca y alterando la calidad de las fuentes de agua de la comunidad Suches. **Los objetivos fueron** determinar los valores de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de aguas superficiales y subterráneas de la comunidad Suches y plantear alternativas de saneamiento ambiental para disminuir la toxicidad en la biota y la salud pública. **La metodología** consistió de 18 muestras de agua de la comunidad Suches, que fueron evaluadas mediante los métodos electrométrico, titulométrico, Mohr, colorimétrico, espectrofotométrico y NMP para determinar los parámetros, se realizó la revisión de bibliografía especializada sobre procesos de saneamiento ambiental como alternativa final de la investigación. Se aplicaron pruebas de análisis de varianza y de Tukey ( $P < 0.05$ ). **Los resultados** oscilaron un 7.47 – 8.23 unidades de pH, dureza 178.33 – 953.33 mg/l, conductividad eléctrica 216.67 – 1284  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , bicarbonatos 56.67 y 240.00 mg/l, cloruros 21.69 – 500.71 mg/l, sulfatos 93.00 y 305.33 mg/l, nitratos 1.53 – 25 mg/l, arsénico 0.020 – 0.044 mg/l y plomo 0.044 – 0.089 mg/l, coliformes totales 29 – 26.67 NMP/100 ml y las termotolerantes 3 – 60 NMP/100 ml y entre las alternativas que se plantean se mencionan el filtro con carbón activado impregnado con quitosano, el proceso de hervido, la sedimentación del agua, el uso de minerales zeolíticos, la electrocoagulación, la luz solar y filtros de biopelículas por fitorremediación. **Se concluye** que los parámetros dureza, sulfatos, arsénico, plomo y las coliformes superan las normas vigentes y vendrían ocasionando daños en los consumidores.

**Palabras clave:** *Escherichia coli*, parámetros bacteriológicos, parámetros fisicoquímicos, pozos y río Coata.

## ABSTRACT

The problem that the research focuses on is the Coata river contaminated by wastewater from the city of Juliaca and altering the quality of the water sources of the Suches community. The objectives it was determined determining the values of physicochemical and bacteriological parameters of surface and ground waters and the community Suches propose alternatives for environmental sanitation to reduce toxicity in biota and public health. The methodology consisted of 18 samples of water Suches community, which were evaluated through electrometric, methods, titulométrico, Mohr, colorimetric, spectrophotometric and NMP to determine the parameters, s and performed the review of specialized literature on processes sanitation alternatively end of the investigation. Analysis of variance and Tukey tests were applied ( $P < 0.05$ ). The results oscillated a 7.47 - 8.23 pH units, hardness 178.33 - 953.33 mg/l, electrical conductivity 216.67 - 1284  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , bicarbonates 56.67 and 240.00 mg/l, chlorides 21.69 - 500.71 mg/l, sulfates 93.00 and 305.33 mg/l, nitrates 1.53 - 25 mg/l, arsenic 0.020 - 0.044 mg/l and lead 0.044 - 0.089 mg/l, total coliforms 29 - 26.67 NMP/100 ml and thermotolerants 3 - 60 NMP/100 ml and among the alternatives that are mentioned are the filter with activated carbon impregnated with chitosan, the boiling process, the sedimentation of water, the use of zeolitic minerals, electrocoagulation, sunlight and biofilter filters by phytoremediation. It is concluded that the parameters hardness, sulfates, arsenic, lead and coliforms exceed current standards and would cause damage to consumers.

**Keywords:** Bacteriological quality, Coata river, *Escherichia coli*, physicochemical quality and wells.

## INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida y necesaria para todos los seres vivos como las plantas, los animales y el ser humano, entre las actividades antrópicas es utilizado también para generar electricidad, para la elaboración de productos industriales y la sostenibilidad de los ecosistemas en la tierra. De toda el agua, el agua dulce constituye un recurso limitado, muy vulnerable y escaso, por lo que se debería consérvalos mediante un manejo y tratamientos idóneos para el consumo de la población.

En la región Puno, la comunidad campesina Suches ubicada en el distrito de Caracoto, provincia de San Román, región Puno, viene utilizando como fuente de agua para el consumo humano, diversos pozos subterráneos, asimismo para el riego de sus vegetales que cultivan y bebida de animales que crían para sus ingresos económicos, y no solo utilizan los pozos sino también el río Coata para dichas actividades, y según el estudio realizado las muestras de aguas no estarían aptas para el consumo humano, riego de vegetales ni bebida de animales, ya que dichas aguas tendrían el efecto contaminante de las aguas residuales emanadas por la ciudad de Juliaca.

Ante ello la presente investigación, no solo trata de analizar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, sino también se brinda un acopio de información nacional e internacional a partir de bibliografía actualizada y artículos científicos de revistas indizadas, para proponer alternativas de solución ante la problemática de la contaminación del agua presente en la planta de potabilización.

En tal sentido el objetivo de la investigación fue determinar los valores de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas superficiales y subterráneas de la Comunidad Campesina de Suches y plantear alternativas de saneamiento ambiental para disminuir la toxicidad en la biota y la salud pública, lo cual contribuirá a que los consumidores de la comunidad de Suches conozcan la calidad del agua que vienen consumiendo y proponer medidas mitigatorias, conducentes a la conservación de los recursos hídricos satisfacer necesidades actuales para mejorar sus condiciones de vida y salud.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1. Marco teórico

##### 1.1.1 El agua

El agua es un recurso natural renovable indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible (Romero, 2009), es el más importante de todos los compuestos y uno de los principales constituyentes del mundo en que vivimos y de la materia viva, casi las tres cuartas partes de nuestra superficie terrestre está cubierta de agua, aproximadamente del 60 a 70% del organismo humano, pues casi siempre contiene sustancias minerales y orgánicas disueltas (OMS, 2006); sin embargo el exagerado aumento del consumo de agua comparado con el incremento de la población está provocando que su demanda sea un importante tema de seguridad nacional en muchos países (Figueroa, 2004), se conoce que es una sustancia química compuesta de dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno y que puede presentarse en cualquiera de los tres estados: liquido, gaseoso y solido (Sierra, 2011).

##### 1.1.2 Aguas subterráneas

El agua que logra fluir a través del subsuelo en lo que se conoce como zona no saturada (agua subterránea), llega al manto freático y queda por encima de la zona saturada, es decir los espacios en donde todas las rocas y el suelo están llenas de agua (Sánchez, 2005), lo define como parte de ciclo hidrológico que comprende el movimiento continuo de agua entra a la tierra y atmósfera por medio de evaporación y precipitación, el agua no se evapora directamente se filtra a través del subsuelo y pasa a formar acuíferos subterráneos, la calidad del agua puede ser afectada por los

contaminantes que se introducen en la superficie de la tierra, puede filtrarse hacia la capa freática y fluir al punto de descarga (Leal, 1998). En los acuíferos el régimen de flujo es relativamente estable en términos de velocidad y dirección las velocidades promedio pueden variar entre 10-10 y 10-3 m/s y son gobernadas por la porosidad y la permeabilidad del estrato (Sierra, 2011).

En muchos casos el agua es de buena calidad, libre de sólidos en suspensión y excepto en limitadas áreas donde han sido afectadas durante el manejo del agua. Es importante mencionar que en los últimos años se ha detectado que algunos pozos pueden contener contaminación microbiológica que han logrado pasar los filtros naturales de roca, grava y arena la cual es proveniente de letrinas cercanas, tanques sépticos, pastoreo de ganado o contaminación de sustancias orgánicas sintéticas de productos agroquímicos, los cuales ponen en peligro la salud del hombre y el medio ambiente en general (OPS, 2005).

### **1.1.3 Pozos artesanos**

Es un flujo natural de agua que surge del interior de la tierra desde un solo punto o por un área pequeña que puede aparecer en la tierra firme o ir a dar cursos de agua (Leal, 1998). Así como también define (Curasi, 2010), un pozo es un hoyo taladrado con una maquinaria o una excavación natural hecho por el hombre en el suelo que alcanza una fuente de agua o donde brota suficientemente como surtidor, son el resultado de la perforación o excavación como una vertiente o el acuífero confinado cuyo nivel freático es superior al nivel del suelo. Un pozo de agua para un pueblo entero se llama un pozo del pueblo, un pozo que solo da agua a una casa se llama un pozo privado.

### **1.1.4 Calidad de agua**

La calidad del agua se define en función de un conjunto de características variables físico-químicas o bacteriológicas, así como de sus valores de aceptación o de rechazo. La calidad físico-química del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud (OMS, 2006), mientras por su complejidad de los factores que determinan la calidad de agua y la gran cantidad de variables utilizadas para describir el estado de los cuerpos de agua en términos cuantitativos, es difícil dar una definición simple de “calidad de agua”. La calidad

de un ambiente acuático se puede definir como: i) Una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos fisicoquímicos de sustancia orgánica e inorgánica, y ii) la composición y el estado de la biota acuático presente en el cuerpo de agua. La calidad presenta variaciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua (Sierra, 2011).

### 1.1.5 Parámetros de la calidad físico

**a) Potencial de hidrógeno.** Se define como el valor negativo del logaritmo decimal de la concentración de ión de hidrógeno (Spellman & Drinan, 2000), es el medio que ejerce un efecto directo sobre el crecimiento del microorganismo tienen un pH óptimo definido, clasificándose así en acidófilas, si ejercen a pH bajos, y alcalófilas, si crecen a pH de 10 a 11 muy pocas especies de organismos pueden sobrevivir a pH inferiores a 2 o mayores de 10. La condición ácida de algunas bacterias es obligada, razón por la cual si se expone el organismo a pH neutros se destruye la membrana celular y la bacteria muere. Muchos hábitats acuáticos naturales poseen un pH de 5 a 9 lo cual indica que los organismos de pH óptimo cercano a este se encuentran en gran cantidad. Los microorganismos poseen un pH óptimo de crecimiento, sus valores máximos y mínimos admisibles para el agua de potable están entre 6.5 a 8.5 (González, 2012; APHA *et al.*, 1992).

**b) Dureza.** La dureza se define como suma de cationes polivalentes disueltos en agua. Los cationes más frecuentes son calcio y magnesio, aunque hierro, estroncio y manganeso pueden contribuir también la dureza se registra como la cantidad equivalente de carbonato de calcio, las aguas suelen clasificarse de acuerdo con el grado de dureza, su función es en primer lugar de la geología del área a la que está asociada el agua superficial, las aguas que discurren sobre las calizas son propensas a ser duras porque la lluvia (naturalmente ácida debido a su contenido en dióxido de carbono) disuelve la roca y lleva los cationes disueltos al sistema acuático (Spellman & Drinan, 2000). La dureza oscila entre cero y cientos de miligramos por litro dependiendo de la fuente de tratamiento a la que el agua haya sido sometida (APHA *et al.*, 1992).

**c) Conductividad.** La conductividad es la propiedad que presentan las soluciones para conducir el flujo de la corriente eléctrica y depende de la presencia de iones,

su concentración y la temperatura de medición. La mayoría de los ácidos, bases y sales inorgánicos son mejores conductores de la electricidad, que las moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas y por lo tanto conducen muy poco la corriente (Londoño *et al.*, 2010). Es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica, capacidad depende de la presencia de iones y su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como la temperatura de medición (APHA *et al.*, 1992).

**d) Alcalinidad Total.** La alcalinidad de un agua es su capacidad para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases titularles, el valor medido puede variar significativamente con el pH de punto final utilizado (APHA *et al.*, 1992), los constituyentes químicos principalmente de la alcalinidad en las aguas naturales son bicarbonato, carbonato, e iones de hidroxilo y estos se originan a partir del dióxido de carbono de la atmósfera y como subproducto de la descomposición microbiana de la materia orgánica y los minerales en origen lítico (rocas y suelos) (Spellman & Drinan, 2000), es de fundamental importancia durante el proceso de tratamiento del agua, ya que es en función de su concentración que se establece la dosificación de los productos químicos utilizados. Cuando la alcalinidad es muy baja, hay la necesidad de que se provoque una alcalinidad artificial con aplicación de sustancias alcalinas, como la cal hidratada o barrilla para que se alcance ese objetivo. Cuando la alcalinidad es muy elevada, se hace al revés, acidificándose el agua hasta que se obtenga una concentración de alcalinidad suficiente para reaccionar con el sulfato de aluminio u otro producto utilizado (Fundación Nacional de Salud – Brasil, 2013).

**e) Cloruros.** Es uno de los aniones inorgánicos más abundantes en aguas naturales y de desecho. El contenido de cloruros normalmente se incrementa con el aumento de los minerales. En las montañas de tierras elevadas los abastecimientos de aguas son bajos en cloruros, las aguas de los ríos y de los abastecimientos subterráneos presentan concentraciones mayores. Los cloruros en una proporción razonable no son dañinos para la salud, concentraciones por encima de 250 mg/L dan sabor salino al agua, haciéndola desagradable para el consumo humano (Londoño *et al.*, 2010), en concentraciones que pueden variar de pequeños trazos hasta centenas

de mg/l y están presentes en forma de cloruro de sodio, calcio y magnesio. Altas concentraciones de cloruros pueden restringir el uso del agua en razón del sabor que le confieren y por el efecto laxativo que pueden provocar diarreas (Fundación Nacional de Salud – Brasil, 2013).

- f) **Sulfatos.** Es un componente natural 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).
- g) **Nitratos.** Los niveles de nitratos y nitritos en aguas naturales son un indicador importante de la calidad del agua. Ambos se encuentran relacionados con el ciclo del nitrógeno de suelo y plantas superiores, aunque los nitratos son añadidos por medio de fertilizantes que puede ocasionar que los niveles de estos aumenten. Los nitritos también se forman durante la biodegradación de nitratos, nitrógeno amoniacal u otros compuestos orgánicos nitrogenados y se utiliza como indicador de contaminación fecal en aguas naturales. Los nitratos no se consideran en sí tóxicos, pero la ingesta de grandes cantidades produce un efecto diurético. Por otra parte, los nitritos pueden producir compuestos cancerígenos, las nitrosaminas, por su reacción con aminas secundarias o terciarias, además de interaccionar con los glóbulos rojos de la sangre produciendo metahemoglobinemia que impide el transporte de oxígeno al cuerpo (Romero, 2009).
- h) **Arsénico.** El arsénico en aguas existe como arsenito ( $AsO_2^-$  y  $As^{+3}$ ) o como arsenato ( $AsO_4^{3-}$  y  $As^{+5}$ ) (Romero, 2000). Los efectos para la salud humana debidos a la presencia de arsénico en el agua de bebida siguen siendo objeto de

investigación en muchos países, a pesar del hecho de que, en varios lugares, donde habían sido detectadas concentraciones de arsénico superiores a 50  $\mu\text{g/L}$  en el agua de bebida, se ha logrado suministrar a la población agua con concentraciones de arsénico dentro de los valores orientadores propuestos por las entidades internacionales, el valor orientador para arsénico, por muchos años, de la Organización Mundial de la Salud fue de 50  $\mu\text{g/l}$ . Actualmente esta entidad sugiere un valor orientador de 10  $\mu\text{g/l}$  para arsénico en el agua de bebida (Galetovic & Fernicola, 2003).

No existe el conocimiento definitivo de cuál es el riesgo de producirse diversos tipos de cáncer a concentraciones de arsénico menores a 50  $\mu\text{g/l}$ , actualmente las estimativas de riesgo son hechas utilizando modelos estadísticos basados en observaciones en humanos haciendo una extrapolación de los datos para bajas concentraciones (Buchet & Lison, 2000). En los Estados Unidos de América, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) revisó, por recomendación de la Academia Nacional de Ciencias de este país, el patrón para arsénico en el agua de consumo, que estuvo vigente por más de medio siglo, en el año 2001 definitivamente se consideró reducir de 50  $\mu\text{g/L}$  para 10  $\mu\text{g/L}$  la concentración de arsénico en agua para beber. Se cree que esto permitirá disminuir el número de varios tipos de cáncer y de otras enfermedades entre ellas diabetes e hipertensión (Bergeson, 2002).

**i) Plomo.** El plomo es un metal común que se encuentra en el ambiente. También se encuentra en pinturas preparadas con plomo, en el aire, en la tierra contaminada, en el polvo dentro de la casa, en la comida y en ciertos tipos de cerámicas, porcelanas, peltre y en el agua potable contaminada. El plomo puede ser peligroso para su salud si se acumula en el cuerpo. El plomo es un veneno que se acumula en los tejidos del cuerpo. El exceso de plomo en el cuerpo puede causar serios daños al cerebro, riñones, sistema nervioso y los glóbulos rojos en la sangre. Niños y mujeres embarazadas están expuestos a mayor riesgo de envenenamiento por el plomo. Los infantes y los fetos son muy vulnerables. Los bebés que beben fórmula o jugos concentrados hechos con agua obtenida de la tubería (cañería) contaminada con plomo, corren el riesgo de contaminación (Romero, 2000).

Niños menores de seis años, que puedan estar expuestos al envenenamiento por el plomo deben hacerse la prueba. Niños que tienen niveles elevados de plomo sufren de: daño cerebral y al sistema nervioso, problemas de comportamiento y aprendizaje (como la hiperactividad), crecimiento lento, problemas auditivos, dolores de cabeza, entre otros. El plomo no tiene una función biológica útil en el hombre a pesar de estar presente en la dieta y en el ambiente humano. Se ingieren unos 200 a 300  $\mu\text{g}$  diarios sin que ello cause daño conocido. En la sangre se han encontrado hasta 10 a 15  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en poblaciones sanas. Las concentraciones sanguíneas aparecen más elevadas en hombres que en mujeres, en áreas urbanas que, en rurales, por la mayor contaminación del ambiente urbano y también más elevadas entre fumadores que en no fumadores (Corey & Galvao, 1989).

### 1.1.6 Aspectos bacteriológicos del agua

Las enterobacterias constituyen una familia grande y diversa de bacilos gran negativos, que pertenecen tanto a las formas de vida libre como a la flora normal de los seres humanos y animales. Unas cuantas están adaptadas estrictamente a los seres humanos. Las enterobacterias crecen con rapidez bajo las condiciones aerobias y anaerobias y tiene actividad metabólica (Ryan, 2011).

#### **Grupo de los coliformes.**

Se define como un grupo de bacterias en forma de bacilo, pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, Gram negativas aerobias y anaerobias, entre las principales características de este grupo está su resistencia a condiciones ambientales adversas. Adicionalmente los coliformes se pueden encontrar en el suelo viviendo como saprófitos independientes de esta manera para separar los géneros de origen fecal (González, 2012), menciona que son habitantes intestinales en el hombre y animales de sangre caliente, pero también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales. El grupo coliformes está formado por los siguientes géneros: *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* (Hernández, 2012). Entre las enterobacterias existen numerosas especies que son patógenos para el hombre, animales y plantas, *Escherichia coli* es el organismo más conocido debido a la importancia médica de las enterobacterias (Madigan *et al.*, 2019).

- a) Coliformes totales.** Las bacterias coliformes son bacilos Gram negativos, aerobios y facultativos anaerobios, no formadores de esporas, que fermenten la lactosa con producción de gas en  $48 \pm 3$  horas a  $35$  o  $37$  °C, el grupo de coliformes totales, grupo coli – aerogenes, incluye los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*, en general, se considera el género *Escherichia*, especie *E. coli*, como la población de bacterias coliformes más representativa de contaminación fecal, el género *Aerobacter* y algunas *Escherichia* pueden crecer en el suelo, lo cual implica que la presencia de coliformes no necesariamente representa la existencia de contaminación fecal humana (Romero, 2000).
- b) Coliformes termotolerantes.** El ensayo de coliformes fecales (CF) se estableció con base en la capacidad de las bacterias coliformes fecales, *E. coli*, de producir gas, en medio EC (*Escherichia coli*), al ser incubadas a  $44.5 \pm 0.2$  °C durante  $24 \pm 2$  horas, también se usa la capacidad de las bacterias fecales para producir gas en medio A1 al ser incubadas por tres horas a  $35 \pm 0.5$  °C y por  $21 \pm 2$  horas a  $44.5 \pm 0.2$  °C (Romero, 2000).

## 1.2. Antecedentes

Ramírez *et al.*, (2009) realizaron estudios microbiológicos del acuífero de Zacatepec (México), en 13 pozos se determinó coliformes totales que uno de ellos presentó 107 UFC/100 ml, tres con 12, 14 y 16 UFC/100 ml y el resto osciló entre 1 y 5 UFC/100 ml y para coliformes fecales fueron de 107 UFC/100 ml, dos con 10 y 16 UFC/100 ml y el resto osciló entre 1 y 3 UFC/100 ml; por otro lado, Robles *et al.*, (2013), reportaron en un acuífero Tepalcingo (México), recuentos de coliformes totales de 503, 773, 229, 2064 UFC/100 ml en los pozos P1, P3, P5, P9, y para coliformes fecales fueron de 0.295, 0.51, 0.626, 1.08 UFC/100 ml en los pozos P6, P8, P2 y P7, respectivamente.

Quinteros & Herrera (2009) en aguas subterráneas en la región sur del municipio de Valledupar, Cesar (Colombia), obtuvieron recuentos de coliformes totales en 440 UFC/100 ml en el primer muestreo, 2600 UFC/100 ml en el segundo muestreo, 225 UFC/100 ml en el tercer muestreo y 105 UFC/100 ml en el cuarto muestreo; los recuentos de coliformes fecales fueron de 346 UFC/100 ml en el primer muestreo, 2600 UFC/100 ml en el segundo muestreo, 86 UFC/100 ml en el tercer muestreo, y 33 UFC/100 ml en el cuarto muestreo; a su vez Cava & Ramos (2016) al caracterizar físico - química y

microbiológicamente el agua de consumo humano de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora - Lambayeque, se determinó coliformes totales entre 30 – 50 UFC/100 ml y coliformes termotolerantes entre 1 – 2 UFC/100 ml, por lo que puede afectar la salud del consumidor.

Petro & Wees (2014) evaluaron parámetros fisicoquímicos en el municipio de Tubarco (Colombia), obteniendo valores de pH (7.08 – 7.55); turbiedad (0.13 – 1.79 UNT); conductividad (158.60 – 947.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); alcalinidad total (55.20 – 302.40 mg/l); dureza total (66.60 – 225.80 mg/l); cloruros (8.75 – 67.98 mg/l) y hierro (0.01 – 0.03 mg/l), evidenciando que la población está consumiendo agua que no es potable; por otra parte, Cutimbo (2012), realizó la evaluación de los 46 pozos en los centros poblados de La Yarada y los Palos (Tacna) en los que presentaron un agua no apta para el consumo humano con bacterias heterotróficas 2%, para coliformes totales 54% y para coliformes termotolerantes 11% y sólo 21 pozos (46%) se encontraron bacteriológicamente aptos para el consumo humano; Hurtado (2007), comparó la calidad bacteriológica del agua de pozos en el Caserío Nina Rumi (Loreto), 2 pozos artesanos resultaron no aptas para el consumo humano debido a la presencia de bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales y coliformes termotolerantes.

Calsín (2016) evaluó la calidad fisicoquímica y bacteriológica de aguas subterránea de consumo humano en el sector de Taparachi III (Juliaca), con conductividad eléctrica 1636.25 – 1082.18  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , turbiedad 2.15 – 3.09 UNT; sulfatos 324.00 - 226.18 mg/l, cloruros 206.50 – 134.31 mg/l; dureza total 628.91 – 438.91 mg/l; coliformes totales 628.91 – 438.91 UFC/100 ml, coliformes fecales 107.22- 27.79 UFC/100 ml; Guevara (2000), determinó en pozos en la localidad de Pilcuyo (El Collao), en periodo seco 120.73 NMP/100 ml coliformes totales y 10.32 NMP/100 ml de coliformes termotolerantes, en el periodo lluvioso 108.48 NMP/100 ml de coliformes totales y 10.75 NMP/100 ml de coliformes fecales; Soto (2013) comparó el agua de pozo del mercado Bellavista y Unión Dignidad en época de lluvia con recuento de coliformes totales, coliformes termotolerantes con 592 y 112 NMP/100 ml respectivamente, en época seca fue 337.25 y 9.75 NMP/100 ml de coliformes totales y coliformes termotolerantes respectivamente.

Salazar (2015) en la ciudad de Juliaca, determinó los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua fueron: el pH (7.31 y 7.78), la conductividad eléctrica (1024 y 1025  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), la dureza total (185 y 310 mg/l), cloruros (0.7 y 1,6 mg/l), sulfatos (65 a 90 mg/l)

y hierro (0.003 y 0.059 mg/l), todos por debajo de los valores permitidos; Curasi (2010), evaluó la calidad de agua en 73 pozos subterráneos de consumo doméstico de la ciudad de Puno, con pH (7.1 a 7.6), conductividad eléctrica (0.95 a 7.18 mS/cm), dureza total (72.72 a 585.8 mg/l), alcalinidad (38.52 a 404.46 mg/l), cloruros (25.50 a 286.50 mg/l) y sulfatos (16.0 a 218.00 mg/l).

Baccaro *et al.*, (2006) realizaron análisis microbiológicos y físico – químicos del agua para el consumo humano en Mar de Plata, siendo los resultados de 30 muestras de agua, de los cuales se obtuvieron 3 coliformes fecales/100 ml y 93 coliformes totales/100 ml, pH de 7.48, la conductividad eléctrica de 1500  $\mu$ S/cm, los sólidos disueltos totales de 400 mg/l, la dureza total de 400 mg/l, los cloruros de 200 mg/l y los sulfatos de 200 mg/l; Arumi *et al.*, (2006) evaluaron el suministro de agua potable rural en la zona de Parral (Chile), de 94 pozos el 14% presentó valores de concentración de nitrato mayores que los permitidos por la normativa nacional relativa al agua potable.

Mamani (2007) realizó el análisis del agua de consumo humano en el distrito de Huanuara (Tacna), y reportó en muestras de reservorio y obtenidas del caño, valores de pH 6.86, conductividad eléctrica 1283  $\mu$ S/cm, sólidos disueltos totales 637.3 mg/l, dureza total 300 mg/l, cloruro 165 mg/l y sulfatos 296 mg/l; y respecto al análisis de coliformes se encontró <2 NMP/100 ml, demostrado que el agua de la red y en el reservorio son aptas para la bebida; Gonzáles *et al.*, (2007) realizaron el diagnóstico la calidad de 35 fuentes de agua de consumo humano en las comunidades del sector del municipio de León (Nicaragua), donde los resultados fueron 65 coliformes totales (CT)/100 ml y 3 coliformes fecales (CF)/100 ml; en cuanto a los resultados físico – químicos se obtuvo que el 100% de las muestras superaron el límite permisible, siendo los resultados de conductividad eléctrica igual a 1700  $\mu$ S/cm, la dureza total de 700 mg/l, los cloruros de 350 mg/l, los sulfatos de 358 mg/l y un pH de 7.5 unidades.

Martín & García (2009) evaluaron aguas subterráneas de la periferia urbana de la localidad de Miramar (Argentina), donde se observa contaminantes dada por la prolongada ausencia de servicios cloacales en dicha periferia, así como la contaminación antrópica y la existencia del basural y matadero municipal aguas arriba de la localidad; Oruna (2010), en la ciudad de Puno, determinó que las muestras de agua potable de los barrios de la ciudad de Puno, varían según la fuente de abastecimiento, coliformes totales de 0 – 200 CT/100 ml y coliformes fecales de 0 – 7 CF/100 ml, pH de 6.24 – 8.80,

conductividad eléctrica de 2.41 – 1646 uS/cm, dureza total de 44.15 – 166.00 mg/l, cloruros de 11.98 – 319 mg/l.

Quispe (2010) en la ciudad de Aplao (valle de Majes – Arequipa), los parámetros físicos y químicos en aguas de consumo de 3 zonas A (río arriba), B (ciudad) y C (río abajo), fueron: pH 8, conductividad eléctrica 726.5  $\mu$ S/cm, dureza total 99.8 mg/l, cloruros 81.2 mg/l y sulfatos 401.6 mg/l, éste último estuvo fuera de los límites, las coliformes totales de 4200 NMP/100 ml de muestra y de coliformes fecales de 1881 NMP/100 ml de muestra; Simanca *et al.*, (2010) que el agua para consumo humano en el municipio de Montería departamento de Córdoba (Colombia) determinaron que el pH, la alcalinidad, la dureza total, la conductividad, los cloruros, el cloro residual y la alcalinidad, mostraron diferencias altamente significativas y los sulfatos diferencias significativas entre los meses de estudio, indicando que las variaciones de la calidad del agua cruda en el transcurso del estudio influyeron en la calidad final de la misma.

Estupiñan & Ávila (2010) determinaron en el municipio de Bojacá Cundinamarca (Colombia), que la mayoría de las muestras no cumplen con el valor mínimo permisible de cloro residual libre, por lo tanto, según el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), son clasificadas como no aptas para consumo humano. Sin embargo, los demás parámetros analizados incluso los microbiológicos cumplieron los parámetros estipulados en la Resolución 2115 de 2007; Vilca (2011), en la localidad de Vilque del distrito de Puno en la fuente del manantial presentó un pH de 6.81, la conductividad eléctrica de 185  $\mu$ S/cm, la dureza total de 187 mg/l, la alcalinidad de 61.18 mg/l, los cloruros de 8.33 mg/l, las muestras de agua del reservorio pH de 6.59, la conductividad eléctrica de 178  $\mu$ S/cm, la dureza total de 209.96 mg/l, la alcalinidad de 55.97 mg/l, los cloruros de 6.8 mg/l y las agua domiciliaria pH de 6.3, la conductividad eléctrica de 171.67  $\mu$ S/cm, la dureza total de 176.46 mg/l, la alcalinidad de 51.9 mg/l, los cloruros de 6.81 mg/l; todos éstos parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles y los valores microbiológicos se encuentran por encima de los valores permisibles.

Curo (2017) en cuatro parcialidades del distrito de Huata, provincia de Puno, reporta recuento de coliformes totales en 360.00 UFC/100ml en la parcialidad de Collana I a un mínimo de 82.30 UFC/100ml en la parcialidad de Collana II, para coliformes termotolerantes de 3.30 UFC/100ml en la parcialidad de Collana II a 0.3 UFC/100ml en

Yasín, pH en Yasín fue 7.8 pH y en Faón de 6.9 a 7.3 de pH, conductividad eléctrica en Collana I, Faón y Yasín (2448.3, 2037.3, 1660.7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente), dureza total 408.3 mg/l en Collana I y en Collana II 264.4 mg/l, alcalinidad fue de 408.3 mg/l en Collana I y 264.4 mg/l en Collana II, cloruros fueron de 168.1 mg/l en Faón y 91.6 mg/l en Yasín, mientras que sulfatos fueron de 132.7 mg/l en Collana I y 46.0 mg/l en Yasín, hierro fueron 1.2 mg/l y 0.9 mg/l en Collana I.

Vitoria *et al.*, (2015) con el objetivo de analizar el contenido en nitratos de aguas de consumo público de una muestra de ciudades españolas, reportan la concentración mediana de nitratos es 3.47 mg/l, el agua del 94% de los municipios estudiados contiene menos de 15 mg/l. Solo en tres municipios la concentración es de más de 25 mg/l y en uno es superior a 50 mg/l y concluyen que el nivel de nitratos de la mayoría de las aguas de consumo público que abastecen los municipios donde habita casi la mitad de la población española tiene niveles inferiores a 15 mg/l.

Vinelli (2012) reporta que el cultivo de arroz es una de las actividades económicas más importantes en el distrito de San Pedro de Lloc, en la región de La Libertad Perú, en consecuencia, el uso intensivo de fertilizantes nitrogenados y el riego por inundación ocasiona contaminación de aguas subterráneas impactando negativamente en las reservas naturales y en la salud humana. Los nitratos presentes en estas aguas se reducen a nitritos al formar metahemoglobina y disminuye así la capacidad de oxigenación en la sangre, lo que se manifiesta por la coloración azulada de la piel y llegando al coma o la muerte de los niños expuestos. Los análisis revelaron una concentración de nitratos inferior a los límites de calidad válidos en el país a la fecha de estudio, lo cual es una respuesta tranquilizadora pero puntual.

En el río Carabaya y Ramis, el contenido promedio de metales (Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Cd, Hg, As), sulfatos y nitratos de las muestras de agua se encontró por debajo de los límites permisibles. Comparando los resultados de los análisis de agua de los monitoreos de los años 1996 y 1999, obteniéndose un leve incremento de valores en los metales considerados, pero sin pasar los límites permisibles. Mientras que en el río Cabanillas, los valores de metales tóxicos en agua (Fe, Cu, Mn, Pb, Cd, Hg, As), se encontraron por debajo de los límites permisibles. Las concentraciones de Zn (0,062 mg/l), en dos muestras de agua, sobrepasaron ligeramente los límites permisibles para metales totales (USEPA). En las muestras de sedimentos los contenidos de As (47,5 y 45,9 mg/kg) se

encuentran por encima de los valores guías según OMME. El Zn (251,9 y 253,9 mg/kg), Cu (37,5 y 35,9 mg/kg), Mg (621,4 y 708 mg/kg) y Cd (4,3 y 4,8 mg/kg) dentro de los niveles más bajos y superior de toxicidad (Universidad Nacional Agraria La Molina, 1999).

En la desembocadura del río Ramis, los resultados del análisis de agua de los metales pesados (Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Hg y As), se encuentran por debajo de los límites permisibles. Mientras que en una muestra de agua el Pb (0,014 mg/l) se encontró por encima del límite permisible según los valores guía de USEPA para metales totales. La especie más importante dentro del grupo denominado llachu es *Myriophyllum quitense* por sus buenas cualidades forrajeras. La especie *Elodea potamogeton* es también un buen forraje, pero si se da en exceso al ganado, puede producirle diarrea (Universidad Nacional Agraria La Molina, 1999). Apaza & Calcina (2014) en pozos de la comunidad Carancas, distrito de Huata (Puno), encontraron concentraciones de arsénico entre 0.010 mg/l a 0.050 mg/l. Siendo que el estándar aceptable para aguas de consumo es de 0.010 mg/l.

Huaranga *et al.*, (2012) evaluaron la contaminación de las aguas de la cuenca alta, media y baja del río Moche (Trujillo, Perú), y en cuatro sectores de sus márgenes para suelos y cultivos, los metales pesados más representativos en el agua se presentaron en el Cuenca Alta durante el año de 1980: hierro (557.500 ppm), plomo (100.375 ppm), cadmio (4.550 ppm), cobre (6.900 ppm), zinc (262.900 ppm) y arsénico (9.000 ppm); mientras que en los suelos las mayores concentraciones se encontraron en la margen derecha de la Cuenca Baja para el año 1980: hierro (83.400 mg/kg); plomo (0.820 mg/kg); cadmio (0.012 mg/kg); cobre (1.240 mg/kg); zinc (0.380 mg/kg) y arsénico (0.016 mg/kg); en relación con la acumulación de metales en los cultivos, el hierro (0.6525 mg/kg) fue el de mayor predominio, siendo la yuca (*Manihot esculentus*) el cultivo donde se presentó.

Afan & Flores (2018) evaluaron la presencia de plomo y arsénico en agua potable en el distrito de Hualgayoc, provincia Hualgayoc, Departamento de Cajamarca, en 15 muestras de agua los resultados indicaron la concentración promedio de arsénico de 0.0060 mg/l (0.0000 mg/l y 0.0213 mg/l), la concentración promedio de Plomo fue de 0.0564 mg/l (0.0105 mg/l – 0.1587 mg/l) encontrándose que el 27% supera los LMP dados por la DIGESA, encontrándose que el 100% superan las concentraciones del LMP dados por la DIGESA.

Meza (2018) cuantificó plomo y arsénico, en agua de caño para consumo humano y del reservorio central provenientes del río Cañete en el anexo de Huancapuquio, distrito de Chocos, de la provincia de Yauyos, en 10 muestras de aguas de los caños encontró que la concentración promedio de plomo, en las muestras proveniente de caño fue de 11.8  $\mu\text{g Pb/l}$  con una concentración mínima de 2.44  $\mu\text{g Pb/l}$  y una máxima de 26.31  $\mu\text{g Pb/l}$ . (OMS y la NTP 10  $\mu\text{g Pb/l}$ ); en el reservorio central se encontró un promedio de 9.88  $\mu\text{g Pb/l}$ . La concentración de arsénico en muestras de caño fue de 3.39  $\mu\text{g As/l}$  y solo el 5% de las muestras superaron los límites máximos permisibles dados por la OMS y el 100% no superan las NTP, el reservorio el promedio fue de 5.57  $\mu\text{g As/l}$  y solo el 10% de las muestras superaron los límites máximos permisibles dados por la OMS (10  $\mu\text{g As/l}$ , y en ambos casos no excede las NTP (50  $\mu\text{g As/l}$ ).

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1 Identificación del problema

En las últimas décadas la preocupación de toda sociedad es la disponibilidad y calidad del agua, ya que constituye un elemento esencial para la vida en el planeta. Existen otros factores que baja la oferta de este recurso como el aumento poblacional que a su vez genera diferentes fuentes contaminantes, alterando su calidad. Las aguas subterráneas como los pozos y ojos de agua y las aguas superficiales como los ríos y lagos, las primeras suelen ser más difíciles de contaminar que las aguas superficiales, pero cuando esta contaminación se produce, su tratamiento es aún más difícil de eliminarla. El peligro más común con relación a la contaminación de las aguas subterráneas de consumo humano, es debido a la acción de aguas residuales, excretas de hombres y animales, además de factores fisicoquímicos y ambientales. A nivel mundial en los países Latinoamericanos, la existencia de agua microbiológicamente segura que constituyen un gran problema de salud pública, entendiéndose como, aquella que se encuentra libre de todo microorganismo patógeno y de bacterias características de la contaminación fecal.

El Perú es un país, que tiene una carencia de servicio de agua potable, donde hay gran número de cuerpos de agua conformado por ríos, quebradas, lagos y lagunas, se cuenta con muy poca agua que esté disponible para el consumo humano; razón por la cual, tanto en las zonas urbanas como rurales, las familias se ven en la necesidad de construir pozos que muchas veces no cuentan con los criterios técnicos sanitarios adecuados, asimismo colectan agua desde los ríos cercanos.

Es así el caso de la C.C. (comunidad campesina) de Suches, ubicada en la jurisdicción del distrito de Caracoto, provincia de San Román, región Puno, establecida al suroeste de la ciudad de Juliaca, por medio de dicha comunidad, discurre las aguas del río Coata, la cual trae consigo las aguas residuales domésticas e industriales de la ciudad de Juliaca y se desconoce si realmente cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental de Aguas (D. S. 004-2017-MINAM), destinados a la potabilización y consumo humano, riego de vegetales y bebida de animales, así como también se desconoce si por infiltración vienen afectando la calidad de las aguas subterráneas de los pozos que posee la población de la C.C. Suches.

## 2.2 Enunciados del problema

### Interrogante general:

- ¿Cuáles serán los valores de los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y las medidas de saneamiento ambiental para disminuir la toxicidad en la biota y la salud pública en aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches?

### Interrogantes específicas:

- ¿Qué valores presentarán los parámetros fisicoquímicos de las muestras de aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches con respecto a las normas ECAs, para mitigar los daños en la biota y la salud pública?
- ¿Cuáles serán los recuentos de bacterias coliformes totales y termotolerantes presentes en muestras de aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches para evitar el daño a la biota y la salud pública?
- ¿Qué alternativas de saneamiento ambiental se aplicarían en aguas superficiales y subterráneas, y así no dañen a la biota y la salud pública en la C.C. Suches?

## 2.3 Justificación

El agua es uno de los elementos esenciales más importantes para sostener la vida y la salud de todos los seres vivos, por sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Tres de las cuatro partes del organismo humano está compuesto por agua por lo que es vital para el mantenimiento de tejidos, músculos, huesos y para todos los organismos en general, el abastecimiento de aguas limpias y sin contaminantes (Fennema, 2000). La calidad de

agua con destino al consumo humano tiene implicancias importantes, en el aspecto social y económico que interactúan directamente sobre el desarrollo de un país. Dada la estrecha vinculación entre los parámetros básicos de la calidad del agua y la calidad de vida de las comunidades (salud, desarrollo y bienestar), no solo en los humanos que consumen el agua, sino también si posee condiciones para la bebida de animales y riego de vegetales, constituyen elementos esenciales para garantizar las condiciones de salud y bienestar de la población (Romero, 2000).

El conocer la calidad fisicoquímica tales como los parámetros pH, dureza, conductividad eléctrica, alcalinidad, cloruros, sulfatos, hierro y nitratos y bacteriológica representada por los recuentos de bacterias coliformes totales y termotolerantes, de las fuentes de agua de una población asentada en la C.C. Suches, es de vital importancia para el normal desenvolvimiento de sus habitantes y su actividades antrópicas como el cultivo de plantas y crianza de animales, ya que brindará información importante sobre la situación actual de dichas fuentes de agua, conociendo que por medio de dicha comunidad, discurre el río Coata, el cual es portador de bacterias, amebas, virus y helmintos que en muchas veces causan epidemias hasta pandemias (Hernández, 2001), producto de las aguas residuales domésticas e industriales que vienen alterándolas actualmente.

Los resultados de esta investigación, servirá como un documento para la toma de decisiones de las autoridades competentes, como la Autoridad Nacional del Agua, el Ministerio de Salud, entre otros, y así crear una conciencia ambiental en la conservación de ecosistemas acuáticos, así como también para base para posteriores investigaciones y a la vez permitir plantear decisiones técnicas correctivas, que permitan el aprovechamiento del agua en el ámbito de estudio, para la población de la C.C. Suches.

## 2.4 Objetivos

### 2.4.1 Objetivo general:

Determinar los valores de los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos de las aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches y plantear alternativas de saneamiento ambiental para disminuir la toxicidad en la biota y la salud pública.

#### 2.4.2 Objetivos específicos:

- Determinar los parámetros fisicoquímicos de las muestras de aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches comparando con la norma ECAs, para mitigar los daños en la biota y la salud pública.
- Determinar los recuentos de bacterias coliformes totales y termotolerantes presenten las muestras de aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches y evitar el daño a la biota y la salud pública.
- Plantear alternativas de saneamiento ambiental a aplicar en aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches para mitigar los daños en la biota y la salud pública.

### 2.5 Hipótesis

#### 2.5.1 Hipótesis general

Los valores de los parámetros fisicoquímicos, metales pesados (As y Pb) y bacteriológicos de las aguas superficiales y subterráneas de la Comunidad Campesina de Suches no cumplen con los ECAs (D. S. 004-2017-MINAM) y existe medidas de saneamiento ambiental para disminuir la toxicidad en la biota y la salud pública.

#### 2.5.2 Hipótesis específicas

- Los parámetros fisicoquímicos y metales pesados (As y Pb) de las muestras de aguas superficiales y subterráneas de la Comunidad Campesina Suches superan los valores recomendados por la norma ECAs y dañan a la biota y la salud pública.
- Los recuentos de bacterias coliformes totales y termotolerantes de las aguas superficiales y subterráneas de la Comunidad Campesina Suches, superan los valores recomendados por la norma ECAs y vienen dañando a la biota y la salud pública.
- Existen alternativas de saneamiento ambiental para aplicar a las aguas superficiales y subterráneas de la Comunidad Campesina Suches para mitigar los daños en la biota y la salud pública.

### CAPÍTULO III METODOLOGÍA

#### 3.1 Lugar de estudio

El ámbito de estudio, estuvo conformado por la C.C. Suches, ubicada en la jurisdicción del distrito de Caracoto, Provincia de San Román, Región Puno, el cual está ubicado al sur este de la ciudad de Juliaca (Figura 1). Ésta C.C. fue elegida en razón de que percibe las aguas del río Coata conteniendo las aguas residuales de la ciudad de Juliaca.

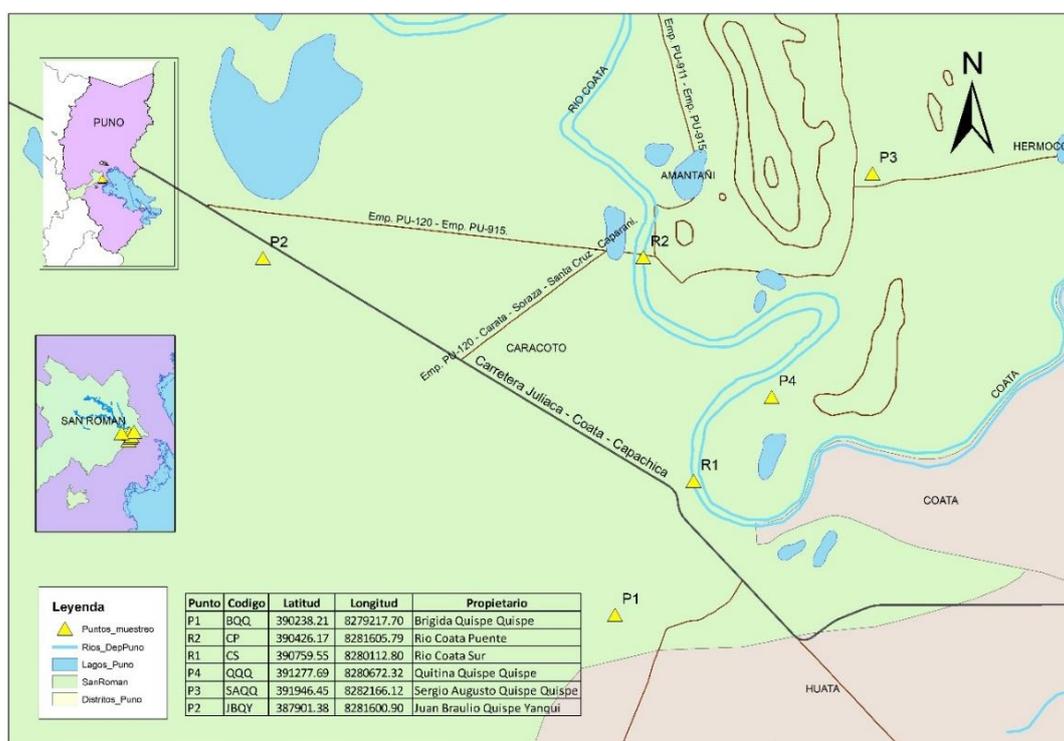


Figura 1. Puntos de muestreo de agua de pozo y río Coata, en la comunidad Suches, distrito Caracoto, provincia San Román, Región Puno.

### 3.2 Población y muestra

El número de muestras de agua de las zonas de estudio, se determinó mediante el muestreo no probabilístico por conveniencia, en tal sentido se colectaron 18 muestras de aguas, distribuidas en tres puntos de muestreo mensual, en el río Coata, zona oriente y occidente del río Coata (Tabla 1).

Tabla 1

*Distribución de muestras de agua a evaluar en la investigación.*

Meses de muestreo año 2018	Comunidad campesina de Suches			Total
	a	b	c	
Octubre	2	2	2	6
Noviembre	2	2	2	6
Diciembre	2	2	2	6
Total	6	6	6	18

Donde:

a: agua subterránea de la zona oeste del río Coata

b: agua superficial del río Coata

c: agua subterránea de la zona este del río Coata

Con respecto al tamaño de muestra de agua, en razón de que es una población infinita, el tamaño de muestra se calculó mediante la siguiente ecuación matemática para población infinita (Murray & Larry, 2005).

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{i^2}$$

Donde: Z = valor correspondiente a la distribución de Gauss (1.96); p = prevalencia esperada (0.9); q = diferencia de la prevalencia esperada (0.1); i = error que se provee cometer (0.05).

Reemplazando en la ecuación matemática se obtuvo:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.9 * 0.1}{0.05^2}$$

$$n = 138$$

La muestra estuvo representada por 138 litros de agua en cada zona de muestreo (este, oeste del río Coata y el río Coata), obteniéndose 35 litros de agua en cada zona en cada mes de muestreo, los muestreos se realizaron en forma mensual.

Los puntos de muestreo fueron codificados como: P1-BQQ = punto de muestreo 1 de Brígida Quispe Quispe; P2-JBQV = punto de muestreo 2 de Juan B. Quispe Yana; P3-SAQQ = punto de muestreo 3 de Sergio A. Quispe Quispe; P4-QQQ = punto de muestreo 4 de Quintina Quispe Quispe; R1-CS = punto de muestreo río 1 Coata Sur y R2-CP = punto de muestreo río 2 Coata Puente.

### 3.3 Metodología por objetivos específicos

#### 3.3.1 Determinación de los parámetros fisicoquímicos de calidad en aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches, para mitigar los daños en la biota y la salud pública.

- a. **pH.** Se midió con un potenciómetro, en un vaso precipitado de 250 ml, se colocó un volumen de 50 ml de agua a analizar, para esto se enjuagó tres veces antes del análisis. Para empezar primero se calibró el equipo para la medición (potenciómetro), se procedió al análisis de la muestra y se anotó los resultados obtenidos (Miranda, 2012).
- b. **Dureza.** Se aplicó el método con EDTA, para ello se utilizó un matraz de 250 ml limpio y seco, se le adicionó 25 ml de muestra de agua en estudio, antes de ello se enjuagó 3 veces, inmediatamente se agregó 1 ml de la solución tampón pH 10, seguidamente 3 gotas de eriocromo T, finalmente se tituló con EDTA anotando el volumen de gasto (Belizario, 2002). Los datos obtenidos durante el proceso se reemplazaron en la siguiente fórmula:

$$\text{Dureza} = \frac{V_G \text{ EDTA} \times M \text{ EDTA} \times \text{mmolCaCO}_3 \times 10^6}{\text{Volumen de la muestra}}$$

**Donde:**  $V_G$  = Gasto de EDTA (ml);  $M$  = Molaridad del EDTA (0.0095 M);  
 $\text{meqCO}_3$  = miliequivalente de  $\text{CaCO}_3$

- c. **Conductividad eléctrica.** En un vaso de precipitado de 250 ml, se colocó un volumen de agua de 25 ml a analizar, previamente fue enjuagado mínimamente por tres veces, inmediatamente se introdujo el electrodo del

conductímetro, hasta que el equipo se estabilice y se anotó el valor obtenido (Belizario, 2002).

- d. Alcalinidad.** En un vaso de precipitado se midió 25 ml de muestra, al cual se le añadió tres gotas de fenolftaleína. Si aparece una coloración rosada, se tituló con ácido sulfúrico 0.05 N hasta su decoloración, el cual se anotó los ml gastados. Seguidamente se adicionó dos gotas de anaranjado de metilo y se tituló como en el paso anterior, hasta lograr una coloración rojo salmón muy claro (Belizario, 2002). Los cálculos se realizaron en la siguiente fórmula:

$$\text{Alcalinidad (CaCO}_3\text{) ppm} = \frac{V \text{ H}_2\text{SO}_4 \times N \text{ H}_2\text{SO}_4 \times \text{PM CaCO}_3 / \text{mol } 2\text{eq}}{V \text{ Muestra}}$$

**Donde:** ppm = partes por millón, V = volumen, N = normalidad, PM = peso molecular.

- e. Cloruros.** Se utilizó un matraz limpio y seco de 250 ml, se le agregó 25 ml de muestra de agua en estudio, antes de ello se enjuagó 3 veces como mínimo, inmediatamente se le agregó 1 ml de cromato de potasio al 5%, como producto se obtuvo una solución amarillenta. Se tituló con nitrato de plata, hasta lograr una solución rojo ladrillo y se anotó el volumen de gasto de  $\text{AgNO}_3$  (Belizario, 2002), los datos obtenidos fueron reemplazados en la siguiente fórmula.

$$\text{Cloruros (mg/L)} = \frac{VG \text{ AgNO}_3 \times N \text{ AgNO}_3 \times \text{meqCl} \times 10^6}{\text{Volumen de la muestra}}$$

**Donde:** VG= Gasto de nitrato de plata (ml), N= Normalidad del nitrato de plata (0.02 N), meqCl = miliequivalente del Cl.

- f. Sulfatos.** Se colocó 25 ml de la muestra en un Erlenmeyer de 250 ml, seguidamente se adicionó 0.01 mg (una pizca) de cloruro de bario, se disolvió y dejó reposar por 10 minutos, luego se encendió y calibró el espectrofotómetro visible para finalmente colocarlo en una cubeta de vidrio y medir en el equipo la transmitancia y una longitud de onda de 420 nm anotándose el valor (Belizario, 2002).

$$\text{Sulfato (mg/L)} = \frac{\text{Factor de concentración} \times 100}{\text{Volumen de la muestra}}$$

- g. Nitratos.** Luego de preparar la curva de calibración del nitrato, se transfirió 10 ml de muestra a un vaso de 50 ml (1 minuto aproximadamente) con agitador magnético. Se midió los patrones y las muestras a la misma temperatura, agregando los reactivos según las indicaciones del fabricante, el método a aplicar fue el colorimétrico, el cual fue contrastado con un patrón y así se determinó la concentración de ambos componentes químicos.
- h. Metales pesados: arsénico y plomo.** El método a realizar para la determinación del arsénico y plomo fue la espectrofotometría de absorción atómica (EAA), el cual las muestras fueron remitidas debidamente rotuladas y analizadas en las instalaciones del laboratorio RHLAB S. A. C. – Juliaca, según el método indicado.

**Análisis estadístico.** El diseño experimental fue completamente aleatorio y constó de tres tratamientos (zonas de muestreo) y tres repeticiones. Los datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos fueron sujetos a análisis de varianza y para evaluar la existencia de diferencia estadística significativa de los parámetros fisicoquímicos en los puntos de muestreo, se realizó pruebas de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron en el software estadístico Infostat Versión Estudiantil.

### **3.3.2 Determinación de los recuentos de bacterias indicadoras de calidad en aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches para mitigar los daños en la biota y la salud pública**

- a. Toma de muestras.** La recolección de las muestras se realizó según la Norma Técnica Peruana (NTP) – ISO 5667-3, la cual se detalla a continuación: Se esterilizó frascos de boca ancha para la toma de muestra. En la fuente de agua se colocó en el cuello del frasco una cuerda estéril se procedió a retirar la envoltura y tapa, luego se sumergió en forma vertical posteriormente se procedió a recoger el frasco sumergido con el líquido en su interior para ser cerrada y etiquetada.

Cada muestra fue etiquetada con la siguiente información: número de muestra, fecha, hora de la toma de muestra, nombre de la provincia, distrito, nombre y referencia del lugar de la toma de muestra y el nombre de la

recolectora. Finalmente se trasladó hacia el laboratorio de análisis de las muestras del agua en una caja de tecnopor acondicionada con bolsas de hielo la cual permitió mantener la temperatura del agua pozos para análisis bacteriológica y fisicoquímica.

- b. Recuento de bacterias coliformes totales y termotolerantes.** El número de coliformes presentes en el agua se determinó mediante el método del número más probable. En el cual se observó la turbidez y la producción de gas, para considerarla positivo y se contabiliza el número de tubos positivos para posteriormente hacer el cálculo del NMP. Si en ninguno de los tubos se observa producción de gas, aun cuando se observe turbidez: se considerará negativo, estableciéndose el código 0 – 0 – 0 para efecto del cálculo del NMP (Pascual & Calderón, 2000).

**Análisis estadístico.** El diseño experimental fue completamente aleatorio y se realizó en seis zonas de muestreo y tres repeticiones. Los datos obtenidos de los parámetros bacteriológicos, fueron sujetos a análisis de varianza y para evaluar la existencia de diferencia estadística significativa entre los puntos de muestreo, se realizó pruebas de contraste de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron en el software estadístico Infostat Versión Estudiantil.

### **3.3.3 Planteamiento de alternativas de saneamiento ambiental a aplicar a las aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches para mitigar los daños en la biota y la salud pública**

Las propuestas de medidas de saneamiento ambiental fueron copiadas desde informes de investigación, tesis de graduación, artículos científicos y bibliografía especializada, los cuales fueron reportadas para disminuir ciertos parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos que resulten con valores superiores a los emanados en la norma vigente, pero que esté al alcance de la situación actual y los posibles efectos sobre los animales, los cultivos y el ser humanos, fueron establecidas en la investigación.

**Análisis estadístico.** No se aplicó ningún diseño estadístico.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **4.1 Parámetros fisicoquímicos de las muestras de aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches comparando con la norma ECAs, para mitigar los daños en la biota y la salud pública.**

##### **4.1.1 Potencial de hidrogeniones (pH)**

En la tabla 2, se observa que en los seis puntos de muestreo los promedios del pH de las muestras de agua colectadas fueron de 8.13 unidades para P1-BQQ (8.00 – 8.30 unidades), 8.23 unidades para P2-JBQV (8.10 – 8.30 unidades), 7.67 unidades para P3-SAQQ (7.40 – 7.90 unidades), 7.73 unidades para P4-QQQ (7.60 – 7.90 unidades), 7.47 unidades para R1-CS (7.20 – 7.70 unidades), 8.03 unidades para R2-CP (7.90 – 8.20 unidades). Los datos presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 1.40% y 3.37%, lo cual indica que los datos en cada uno de los puntos de muestreo poseen bajos niveles de dispersión.

Los valores de pH de los seis puntos de muestreo, se encuentran dentro de los valores permitidos por el Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D.S. 004-2017-MINAM) para las categorías A1 agua que pueden ser potabilizadas con desinfección y D1 para riego de vegetales (6.5 – 8.5 unidades) y D2 para bebida de animales (6.5 – 8.4 unidades).

Tabla 2

Valores de pH (unidades) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. de Suches.

Meses 2018	Puntos de muestreo						Valor ECA
	P1-BQQ	P2-JBQV	P3-SAQQ	P4-QQQ	R1-CS	R2-CP	
Octubre	8.30	8.30	7.90	7.70	7.20	8.00	
Noviembre	8.10	8.30	7.40	7.90	7.70	7.90	A1=6.5-8.5
Diciembre	8.00	8.10	7.70	7.60	7.50	8.20	D1=6.5-8.5
Promedio	8.13	8.23	7.67	7.73	7.47	8.03	D2=6.5-8.4
DE	0.15	0.12	0.25	0.15	0.25	0.15	
CV (%)	1.88	1.40	3.28	1.98	3.37	1.90	

Donde: DE = desviación estándar y CV = Coeficiente de variación.

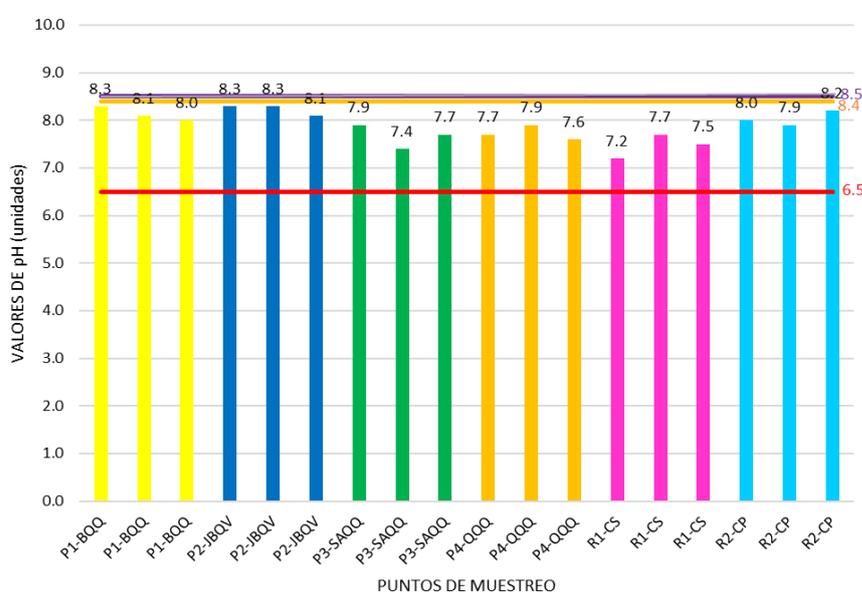


Figura 2. Valores de pH según normatividad vigente de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Donde: línea roja categoría A1; línea morada categoría D1; línea naranja categoría D2.

El análisis de varianza aplicado (anexo 2) a los valores de pH obtenidos en los seis puntos de muestreo, presentaron diferencia estadística significativa ( $F=7.72$ ;  $gl=5$ ;  $P=0.0019$ ), de todos ellos el punto de muestreo P2-JBQV fue el que obtuvo el mayor promedio (8.23 unidades) y el menor valor de pH se obtuvo en el punto de muestreo R1-CS (7.47 unidades) (Figura 3).

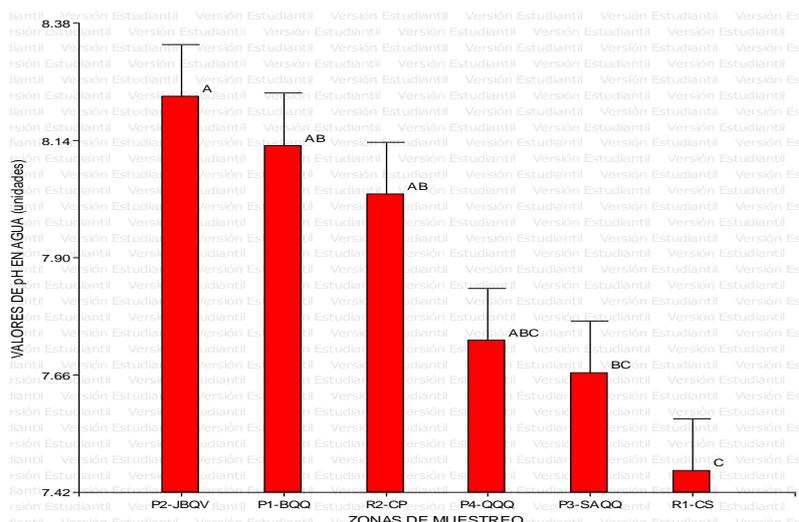


Figura 3. Prueba de Tukey de los valores de pH de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Los resultados sobre los valores de pH obtenidos en la investigación fueron similares a los reportados por Petro & Wees (2014), quienes en el municipio de Tubarco (Colombia) obtuvieron valores entre 7.08 – 7.55 unidades; a los registrados por Salazar (2015), quién en la ciudad de Juliaca las muestras de agua presentaron valores de pH entre 7.31 – 7.78 unidades; a los mencionados por Curasi (2010), quien en pozos de la ciudad de Puno obtuvo valores de pH entre 7.1 a 7.6 unidades; a los publicados por Baccaro *et al.*, (2006) quienes en Mar de Plata determinaron valores de pH promedio de 7.48 unidades; a los reportado por Mamani (2007), quien en el distrito de Huanuara en Tacna, obtuvo valores de pH de 6.86 unidades; asimismo fueron similares a los registrados por Curo (2017) quien en el distrito de Coata las muestra de agua presentaron valores entre 6.9 y 7.8 unidades.

Los valores del pH en una muestra de agua es una medida representativa de la concentración de iones de hidrógeno e indica el contenido de ácidos o álcalis, que a pesar de no afectar directamente a los consumidores, influye en los procesos de tratamiento (la coagulación y la desinfección), ya que si está por debajo de 6.5, puede causar intensa corrosión e incrustaciones en el sistema de distribución y si es superior al 8.0, disminuye la eficacia del proceso de desinfección con cloro, por lo que las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9, y su control es necesario para determinar los efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua (Barrenechea, 2015); asimismo, según Baccaro *et al.*, (2006), indican que

el pH es una variable muy importante ya que determina las concentraciones relativas de las especies disueltas de carbonatos.

El pH es un parámetro muy importante ya que afecta a las reacciones químicas y biológicas, valores extremos por encima de 8.5 unidades requieren de tratamientos fisicoquímicos, ya que podría originar la muerte de peces, rápidas alteraciones en la flora y fauna, cambios en la solubilidad de nutrientes, formación de precipitados, entre otros (Orozco *et al.*, 2003), los valores de pH favorables se ubican entre 6.0 y 7.2, cuando se encuentra por debajo o por encima de ellos se origina la desnaturalización de las proteínas (Baird & Cann, 2012), por otro lado Barrenechea (2015), afirma que el pH influye en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección, por lo que es un parámetro importante a controlar en el proceso de potabilización del agua, en tal sentido, cuando el pH es inferior a 6.5, puede producir intensa corrosión e incrustaciones en el sistema de distribución y al superar el valor de 8.0 se produce una disminución de la eficacia del proceso de desinfección con cloro.

#### **4.1.2 Dureza total**

En la tabla 3, se presenta los seis puntos de muestreo y los promedios de los valores de dureza total en las muestras de agua colectadas, que fueron de 178.33 mg/l para P1-BQQ (130 – 220 mg/l), 299.00 mg/l para P2-JBQV (280 – 312 mg/l), 288.33 mg/l para P3-SAQQ (279 – 306 mg/l), 953.33 mg/l para P4-QQQ (944 – 960 mg/l), 283.33 mg/l para R1-CS (264 – 316 mg/l) y 307.67 mg/l para R2-CP (290 – 328 mg/l). Los datos presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 0.87% y 25.44%, lo cual indica que los datos en cada uno de los puntos de muestreo poseen leves niveles de dispersión.

Los valores de dureza en cinco de seis puntos de muestreo, se encuentran por debajo de los valores permitidos por los ECA para agua, para la categoría A1 para aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (500 mg/l), siendo el único que sobrepasa dichos valores, las muestras que procedieron del punto de muestreo P4-QQQ.

Tabla 3

Valores de dureza (mg/l) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Meses 2018	Puntos de muestreo						Valor ECA
	P1-BQQ	P2-JBQV	P3-SAQQ	P4-QQQ	R1-CS	R2-CP	
Octubre	220	280	306	956	316	290	
Noviembre	130	312	280	960	264	328	
Diciembre	185	305	279	944	270	305	A1=500
Promedio	178.33	299.00	288.33	953.33	283.33	307.67	D1= N.A.
DE	45.37	16.82	15.31	8.33	28.45	19.14	D2= N.A.
CV (%)	25.44	5.63	5.31	0.87	10.04	6.22	

Donde: DE = desviación estándar y CV = Coeficiente de variación.

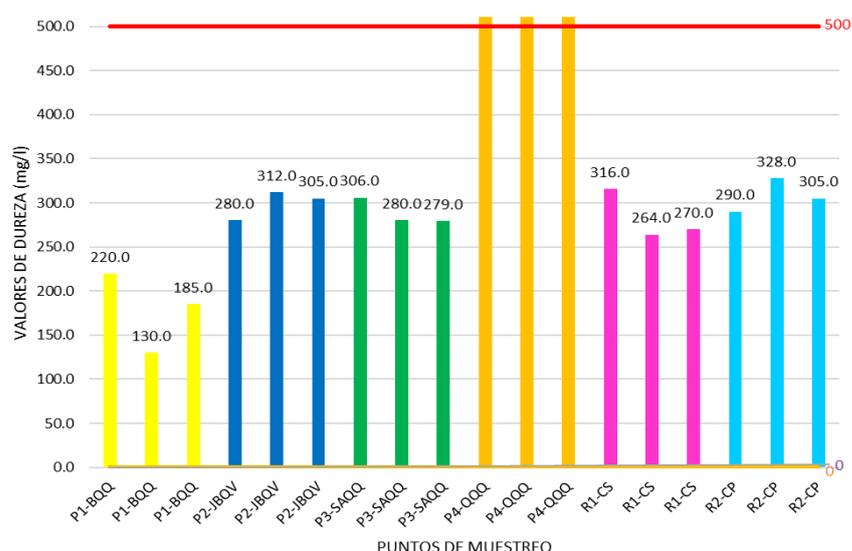


Figura 4. Valores de dureza según normatividad de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Donde: línea roja categoría A1; categoría D1 y categoría D2, no aplican.

El análisis de varianza aplicado (anexo 3) los valores de dureza total obtenidos en los seis puntos de muestreo, presentaron diferencia estadística significativa ( $F=375.74$ ;  $gl=5$ ;  $P<0.0001$ ), de todos ellos el punto de muestreo P4-QQQ fue el que obtuvo el mayor promedio (953.33 mg/l) y el menor valor de dureza se obtuvo en el punto de muestreo P1-BQQ (178.33 mg/l) (Figura 5).

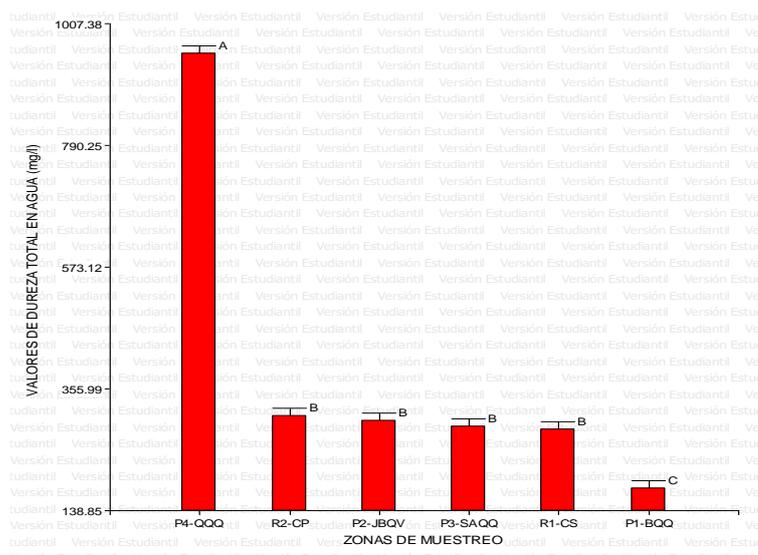


Figura 5. Prueba de Tukey de los valores de dureza total de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Los resultados sobre los valores de dureza obtenidos en la investigación fueron similares a los mencionados por Petro & Wees (2014), quienes en el municipio de Tubarco (Colombia) obtuvieron valores entre 66.60 – 225.80 mg/l; a los presentados por Calsín (2016), quién en aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca las muestras de agua presentaron valores de dureza entre 628.91 – 438.91 mg/l; a los registrados por Salazar (2015), quién en muestras de agua de la ciudad de Juliaca las muestras de agua encontró valores de dureza entre 185 - 310 mg/l; a los publicados por Baccaro *et al.*, (2006) quienes en Mar de Plata determinaron valores de dureza promedio de 400.00 mg/l; a los reportado por Mamani (2007), quien en el distrito de Huanuara en Tacna, obtuvo valores de dureza de 300.00 mg/l; a los citados por Oruna (2010), quien, en muestras de agua de la ciudad de Puno, obtuvo valores de dureza de 44.15 – 166.00 mg/l; a los registrados por Quispe (2010), quien, en la ciudad de Aplao – Arequipa, obtuvo valores de dureza de 99.80 mg/l; a los reportados por Vilca (2011), en muestras de agua de la localidad de Vilque obtuvo valores de dureza entre 187.00 – 209.96 mg/l, en el manantial y reservorio respectivamente y a los registrados por Cuero (2017) quien en el distrito de Coata las muestra de agua presentaron valores de dureza total entre 408.3 mg/l en Collana I y en Collana II 264.4 mg/l.

Sin embargo, fueron inferiores a los mencionados por Curasi (2010), quien en pozos de la ciudad de Puno obtuvo valores de dureza entre 72.72 a 585.80 mg/l; y a los

reportados por González *et al.*, (2007), quien en el municipio de León (Nicaragua), obtuvieron valores de dureza de 700.00 mg/l, desde luego estos resultados vulneran los valores recomendados en las normas vigentes.

La dureza total del agua constituye un parámetro de calidad de las aguas de interés doméstico o industrial ya que indica la concentración de calcio y magnesio. Las aguas del punto de muestreo P4-QQQ, mostró un promedio de 953.33 mg/l, lo cual superó los valores recomendados en la norma vigentes, por tanto, es considerada como agua dura, en tal sentido, dejaría depósitos sólidos o costras (por ejemplo, carbonato cálcico) en las tuberías pudiendo llegar a obstruirlas especialmente cuando superan los 200 mg/l de dureza total (Clair *et al.*, 2000), asimismo (Harris, 2007); sin embargo, la dureza del agua es beneficiosa para el riego porque los iones alcalinotérreos tienden a flocular las partículas coloidales del suelo (es decir favorecen la formación de agregados de dichos coloides) lo cual aumenta la permeabilidad del suelo al agua (OMS, 2006).

La dureza del agua en los diferentes puntos de muestreo varía según las características del suelo de la zona de estudio (Baccaro *et al.*, 2006), por otro lado, Doria *et al.*, (2009), indica que la causa de la dureza se debe al contenido de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^-$  (también presentes en las muestras de agua), lo cual reflejaría la naturaleza geológica del sitio de estudio y estaría relacionada con la presencia de creta, caliza y rocas impermeables como el granito y por tanto, también presentaría un sabor desagradable. Según Barrenechea (2015), la dureza total posiblemente no tenga efectos adversos sobre la salud, pero si se utiliza para el lavado originaría el mayor consumo de jabón y detergente durante el lavado.

A pesar de que los beneficios y consecuencias de la dureza total en la salud pública son todavía un tema de discusión, es importante razonar de que el cuerpo humano necesita el calcio para los huesos y el magnesio para los procesos metabólicos, pero en exceso producen asperezas en la piel y/o endurecimiento de los cabellos hasta llegar a los cálculos renales, incrementa la incidencia de los ataques cardíacos u originar anomalías del sistema nervioso, hasta inclusive varios tipos de cáncer (Rodríguez, 2009), problemas cardiovasculares y sabores indeseados en el líquido (Pérez, 2016).

Aunque Henry & Heinke (1999), consideran que el agua dura es aceptable para consumo humano, pero a nivel internacional existen algunos reportes científicos que informan efectos negativos del consumo de aguas duras en la salud humana como la formación de cálculos en las vías urinarias con manifestaciones de dolor, hemorragia, obstrucción del flujo de la orina o una infección, contemplando elementos anatómicos, infecciosos y ambientales. Mora *et al.*, (2000) reportaron una relación entre los cálculos en las vías urinarias y su relación con el consumo de calcio en el agua de bebida en Costa Rica, concluyendo que el consumo prolongado de aguas que presentaban concentraciones mayores de 120 mg/l de  $\text{CaCO}_3$  representa un factor de riesgo para el padecimiento de este tipo de enfermedad.

#### 4.1.3 Conductividad eléctrica (CE)

En la tabla 4, se observa que los puntos de muestreo evaluados presentan promedios de valores de conductividad eléctrica de 216.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para P1-BQQ (212 – 223  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), 429.33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para P2-JBQV (420 – 436  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), 573.33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para P3-SAQQ (568 – 580  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), 1284.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para P4-QQQ (1279 – 1291  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), 901.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para R1-CS (871 – 929  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y 907.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para R2-CP (877 – 934  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Los datos presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 0.49% y 3.23%, lo cual indica que los datos en cada uno de los puntos de muestreo poseen bajos niveles de dispersión.

Tabla 4

*Valores de conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.*

Meses 2018	Puntos de muestreo						Valor ECA
	P1-BQQ	P2-JBQV	P3-SAQQ	P4-QQQ	R1-CS	R2-CP	
Octubre	223	432	572	1279	929	934	A1=1500 D1=2500 D2=5000
Noviembre	212	420	580	1282	871	877	
Diciembre	215	436	568	1291	905	912	
Promedio	216.67	429.33	573.33	1284.00	901.67	907.67	
DE	5.69	8.33	6.11	6.25	29.14	28.75	
CV (%)	2.62	1.94	1.07	0.49	3.23	3.17	

Donde: DE = desviación estándar y CV = Coeficiente de variación.

Los valores de conductividad eléctrica de los seis puntos de muestreo, se encuentran por debajo de los valores permitidos por el Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D. S. 004-2017- MINAM) para las categorías A1 agua que pueden ser potabilizadas con desinfección (1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y D1 para riego de vegetales (2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y D2 para bebida de animales (5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

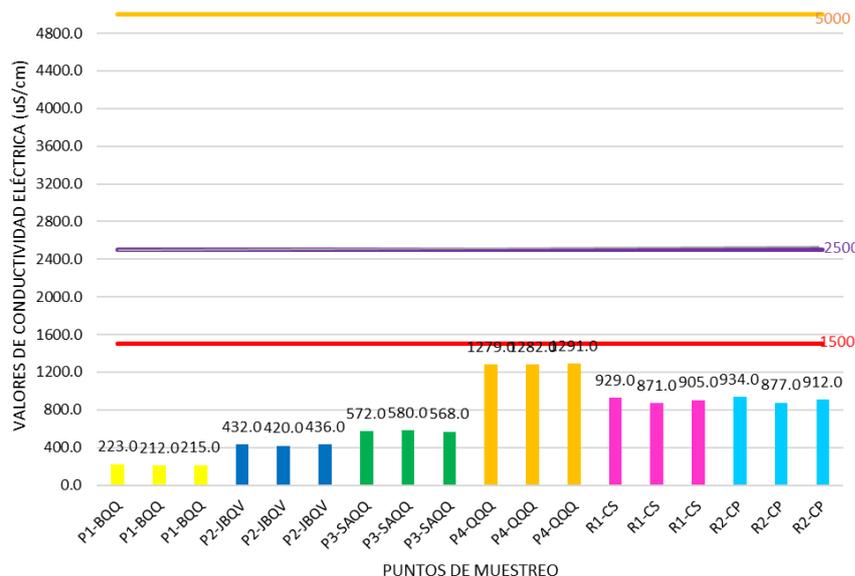


Figura 6. Valores de conductividad según normatividad de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches. Donde: línea roja categoría A1; línea morada categoría D1; línea naranja categoría D2.

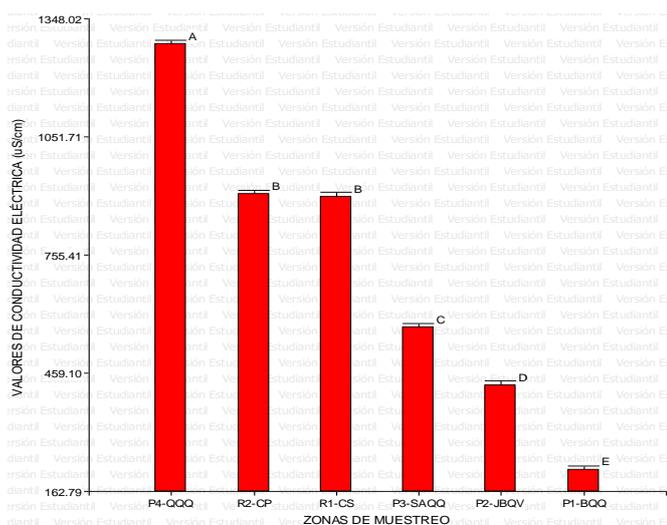


Figura 7. Prueba de Tukey de los valores de conductividad eléctrica de las muestras de agua colectadas del río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

El análisis de varianza aplicado (anexo 4) los valores de conductividad eléctrica obtenidos en los seis puntos de muestreo, presentaron diferencia estadística significativa ( $F=1448.13$ ;  $gl=5$ ;  $P<0.0001$ ), de todos ellos el punto de muestreo P4-*QQQ* fue el que obtuvo el mayor promedio ( $1284.00 \mu\text{S/cm}$ ) y el menor valor de dureza se obtuvo en el punto de muestreo P1-*BQQ* ( $216.67 \mu\text{S/cm}$ ) (Figura 7).

Los resultados sobre los valores de CE obtenidos en la investigación fueron similares a los obtenidos por Petro & Wees (2014), quienes en el municipio de Tubarco (Colombia) obtuvieron valores de CE entre  $158.60 - 947.00 \mu\text{S/cm}$ ; a los registrados por Salazar (2015), quién en muestras de agua de la ciudad de Juliaca las muestras de agua arrojaron valores de CE entre  $1024 - 1025 \mu\text{S/cm}$ ; a los registrados por Quispe (2010), quien, en la ciudad de Aplao – Arequipa, obtuvo valores de CE de  $726.50 \mu\text{S/cm}$ ; a los reportados por Vilca (2011), en muestras de agua de la localidad de Vilque obtuvo valores de CE entre  $178 \mu\text{S/cm}$  y  $171.67 \mu\text{S/cm}$ , en el reservorio y agua domiciliaria respectivamente y a los registrados por Curo (2017) quien en el distrito de Coata las muestra de agua presentaron valores de dureza total entre  $408.3 \text{ mg/l}$  en Collana I y en Collana II  $264.4 \text{ mg/l}$ .

Por otro lado, fueron inferiores a los reportados por Calsín (2016), quién en aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III (Juliaca) de la ciudad de Juliaca las muestras de agua presentaron valores de CE entre  $1636.25 - 1082.18 \mu\text{S/cm}$ ; a los mencionados por Curasi (2010), quien en pozos de la ciudad de Puno obtuvo valores de CE entre  $0.97 - 7.18 \text{ mS/cm}$ ; a los publicados por Baccaro *et al.*, (2006) quienes en Mar de Plata determinaron valores de CE promedio de  $1500 \mu\text{S/cm}$ ; a los reportado por Mamani (2007), quien en el distrito de Huanuara en Tacna, obtuvo valores de CE de  $1283 \mu\text{S/cm}$ ; y a los reportados por Gonzáles *et al.*, (2007), quien en el municipio de León (Nicaragua), obtuvieron valores de CE de  $1700 \mu\text{S/cm}$ ; a los citados por Oruna (2010), quien, en muestras de agua de la ciudad de Puno, obtuvo valores de CE de  $2.41 - 1646 \mu\text{S/cm}$ ; asimismo fueron similares a los registrados por Curo (2017) quien en el distrito de Coata obtuvo valores de CE en Collana I, Faón, Yasín y Collana II con  $2448.3$ ,  $2037.3$ ,  $1660.7 \mu\text{S/cm}$  respectivamente.

La CE representa la capacidad de una solución acuosa para transmitir la corriente eléctrica, dependiendo de la presencia de iones, de su concentración, movilidad y

valencia y de la temperatura ambiental, tales como los cloruros, nitratos, sulfatos y fosfatos, que son relativamente buenos conductores, lo contrario sucede a la presencia de los aceites, los fenoles, los alcoholes y los azúcares, que son pobres conductores de una corriente eléctrica.

Los más altos valores de CE se presentaron en los puntos de muestreo P4-QQQ, R1-CS y R-CP, lo que indica un alto índice de concentración de solutos, asimismo es un indicador de posible contaminación con nitratos, ya que existen niveles altos de asociación entre la conductividad eléctrica y los nitratos, en la salud pública se pueden originar casos de metahemoglobinemias, que se constituye en una enfermedad mortal para los lactantes (González *et al.*, 2007), por otro lado, la CE se eleva ante la cercanía del mar, lo que provoca un aumento de sales (Fernández & Fernández, 2007), por su parte, Baccaro *et al.*, (2006), menciona la importancia que se debe de tener en las aguas de riego ya que en valores muy elevados afecta el crecimiento de muchos cultivos.

Los puntos de muestreo P4-QQQ, R1-CS y R2-CP, presentan elevados de CE, probablemente debido a la presencia de descargas de aguas residuales suelen aumentar la conductividad debido al aumento de la concentración de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ , u otros iones, y los mencionados puntos son muestras del río Coata el cual poseen contaminación por aguas residuales procedentes de la ciudad de Juliaca (Tortora *et al.*, 2007). Por otro lado, según Tapia (2002), en muestras de agua con CE fuera de los rangos de 50 y 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , no es adecuada para la vida de ciertas especies de peces o invertebrados.

#### 4.1.4 Bicarbonato.

En la tabla 5, se observa que los seis puntos de muestreo de agua presentaron un contenido de bicarbonatos 73.33 mg/l para P1-BQQ (70 – 80 mg/l), 106.67 mg/l para P2-JBQV (100 – 110 mg/l), 150.00 mg/l para P3-SAQQ (140 – 160 mg/l), 240 mg/l para P4-QQQ (230 – 250 mg/l), 56.67 mg/l para R1-CS (50 – 60 mg/l), 70.00 mg/l para R2-CP (60 – 80 mg/l). Los datos presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 4.17% y 14.29%, lo cual indica que los datos en cada uno de los puntos de muestreo poseen bajos niveles de dispersión.

Tabla 5

Contenido de bicarbonatos (mg/l) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Meses 2018	Puntos de muestreo						Valor ECA
	P1-BQQ	P2-JBQV	P3-SAQQ	P4-QQQ	R1-CS	R2-CP	
Octubre	80	110	150	240	60	70	
Noviembre	70	110	160	250	50	80	A1= N.A.
Diciembre	70	100	140	230	60	60	D1=518
Promedio	73.33	106.67	150.00	240.00	56.67	70.00	D2= N.A.
DE	5.77	5.77	10.00	10.00	5.77	10.00	
CV (%)	7.87	5.41	6.67	4.17	10.19	14.29	

Donde: DE = desviación estándar y CV = Coeficiente de variación.

Los resultados de los contenidos de bicarbonatos en muestras de agua de los seis puntos de muestreo, se encuentran por debajo de los valores permitidos por el Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D. S. 004-2017- MINAM) para la categoría D1 riego de vegetales (518 mg/l), mientras tanto que para las categorías A1 agua que pueden ser potabilizadas con desinfección y D2 para bebida de animales, no aplican y por tanto no presentan valores referenciales.

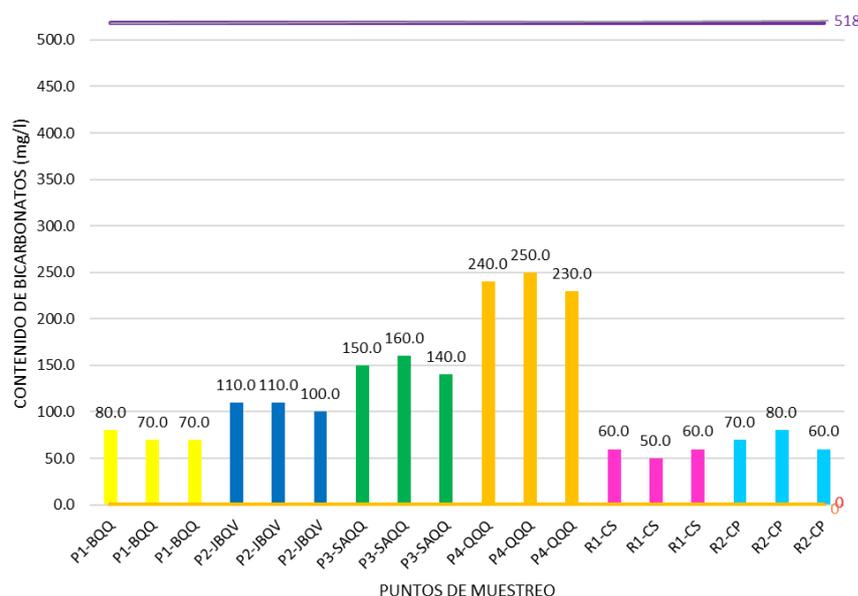
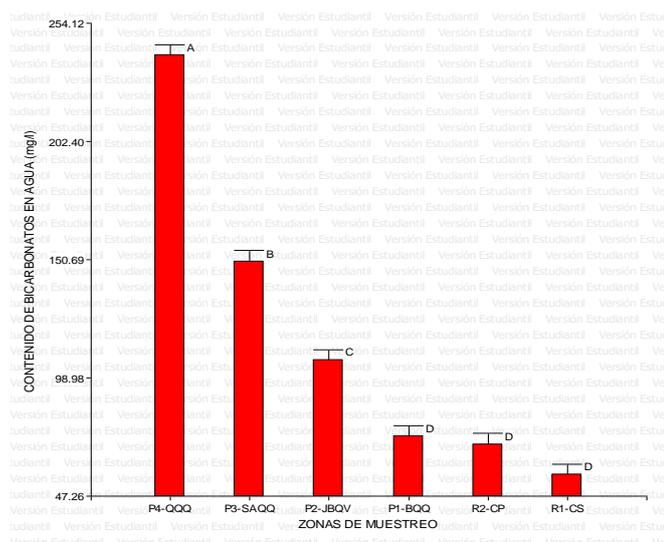


Figura 8. Valores de bicarbonato según normatividad de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Donde: línea morada categoría D1; categoría A1 y categoría D2 no aplican.



*Figura 9.* Prueba de Tukey de los contenidos de bicarbonatos en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

El análisis de varianza aplicado (anexo 5), arroja que el contenido de bicarbonatos en los seis puntos de muestreo, presentaron diferencia estadística significativa ( $F=216.68$ ;  $gl=5$ ;  $P<0.0001$ ), de todos ellos el punto de muestreo P4-QQQ fue el que obtuvo el mayor promedio (240.00 mg/l) y el menor valor de dureza se obtuvo en el punto de muestreo R1-CS (56.67 mg/l) (Figura 9).

Los resultados sobre los contenidos de bicarbonatos obtenidos en la investigación estuvieron por debajo de los valores recomendados para la categoría D1 (bebida de animales), los cuales fueron similares a los obtenidos por Petro & Wees (2014), quienes en el municipio de Tubarco (Colombia) obtuvieron contenidos de alcalinidad entre 55.20 – 302.40 mg/l; a los reportados por Vilca (2011), en muestras de agua de la localidad de Vilque obtuvo contenidos de alcalinidad entre 61.18 mg/l y 55.97 mg/l, en el manantial y las muestras de agua del reservorio respectivamente, a los mencionados por Curasi (2010), quien en pozos de la ciudad de Puno obtuvo contenidos de alcalinidad entre 38.52 – 404.46 mg/l; y a los registrados por Curo (2017) quien en el distrito de Coata obtuvo contenidos de alcalinidad de 408.3 mg/l en Collana I y 264.4 mg/l en Collana II,

La normatividad vigente (D. S. N° 004-2017-MINAM), no considera valores para las categorías A1 y D2, ésta última para bebida de animales, la cual no es considerada en la norma; pero se debe tener en cuenta que el contenido de bicarbonato presente en el agua posee un efecto negativo sobre el crecimiento el área foliar, en razón de

que origina quemaduras en las hojas, a causa del ingreso de los iones bicarbonato a las plantas, y como consecuencia originar un perjuicio sobre la producción su metabolismo o por la disminución de su índice de área foliar.

A pesar de que no está considerado en la norma ambiental, las fuentes de agua que posean bicarbonatos disueltos, limitan la producción de algunos frutales y plantas, causada por la elevación excesiva del pH del suelo o del medio, en tal sentido la magnitud del efecto depende del contenido de bicarbonatos en el agua, la cantidad de agua aplicada, la capacidad buffer del suelo y de la sensibilidad de la planta referida, entre los bicarbonatos disueltos, se tiene al bicarbonato de calcio, de sodio y de magnesio, los carbonatos como es el calcio son los que mayormente contribuyen a la alcalinidad de las aguas de riego, por lo tanto los contenido de bicarbonato dentro de la alcalinidad del agua está determinada por el nivel de bicarbonatos y carbonatos, donde los bicarbonatos son el factor más importante en el agua de riego.

#### 4.1.5 Cloruros

En la tabla 6, se observa que los seis puntos de muestreo presentaron los promedios de contenido de cloruros 21.69 mg/l para P1-BQQ (19.99 – 24.94 mg/l), 59.76 mg/l para P2-JBQV (55.36 – 63.99 mg/l), 142.63 mg/l para P3-SAQQ (129.97 – 157.97 mg/l), 380.97 mg/l para P4-QQQ (369.92 – 392.21 mg/l), 500.71 mg/l para R1-CS (469.89 – 539.87 mg/l), 4.9.68 mg/l para R2-CP (399.92 – 423.90 mg/l). Los datos presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 2.92% y 12.98%, lo cual indica que los datos en cada uno de los puntos de muestreo poseen leves niveles de dispersión.

Los contenidos de cloruros de los seis puntos de muestreo, solo los puntos P1-BQQ, P2-JBQV y la P3-SAQQ, se encuentran por debajo de lo recomendado por la norma vigente categoría A; mientras los puntos de muestreo P4-QQQ y R2-CP, están sobre los parámetros para la categoría A1 y debajo de la categoría D1 para riego de vegetales, pero la muestra de agua del punto de estudio R1-CS superan el valor recomendado para riego de vegetales (Figura 10), conviene indicar que los valores del punto de muestreo R1-CS, superan los valores recomendados para la categoría D1.

Tabla 6

Contenido de cloruros (mg/l) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Meses 2018	Puntos de muestreo						Valor ECA
	P1-BQQ	P2-JBQV	P3-SAQQ	P4-QQQ	R1-CS	R2-CP	
Octubre	19.99	63.99	151.97	369.92	469.89	423.90	
Noviembre	24.94	59.94	129.97	392.21	539.87	399.92	A1= 250
Diciembre	20.14	55.36	145.95	380.79	492.36	405.22	D1=500
Promedio	21.69	59.76	142.63	380.97	500.71	409.68	D2=
DE	2.816	4.318	11.370	11.146	35.729	12.597	N.A.
CV (%)	12.981	7.225	7.971	2.926	7.136	3.075	

Donde: DE = desviación estándar y CV = Coeficiente de variación.

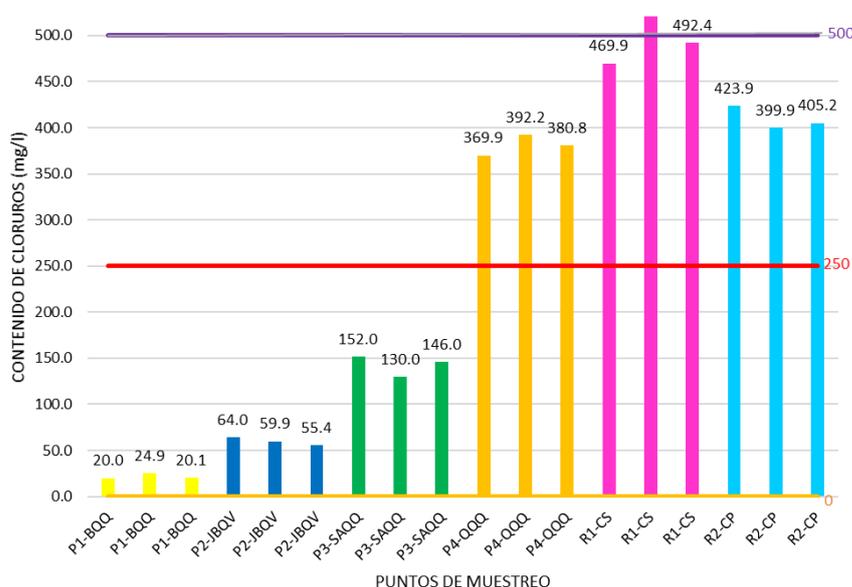
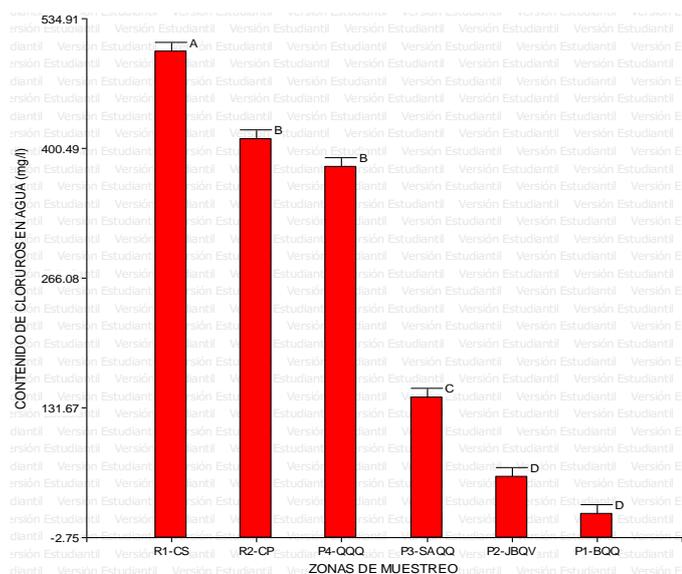


Figura 10. Valores de cloruros según normatividad de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Donde: línea morada categoría D1; categoría A1 y categoría D2 no aplica.

El análisis de varianza aplicado (anexo 6), arroja que el contenido de cloruros en los seis puntos de muestreo, presentaron diferencia estadística significativa ( $F=430.89$ ;  $gl=5$ ;  $P<0.0001$ ), de todos ellos el punto de muestreo R1-CS fue el que obtuvo el mayor promedio (500.71 mg/l) y el menor valor de cloruros se obtuvo en el punto de muestreo P1-BQQ (21.69 mg/l) (Figura 11).



*Figura 11.* Prueba de Tukey de los contenidos de cloruros en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Los resultados sobre los contenidos de cloruros en los puntos de muestreo P1-BQQ, P2-JBQV y P3-JBQV, fueron inferiores a los a 250 mg/l, tal como lo recomienda la norma vigente, los cuales concordaron los obtenidos por Petro & Wees (2014), quienes en el municipio de Tubarco (Colombia) obtuvieron contenidos de cloruros entre 8.75 – 67.98 mg/l; a los registrados por Salazar (2015), quién en muestras de agua de la ciudad de Juliaca las muestras de agua arrojaron contenidos de cloruros entre 0.7 – 1.6 mg/l; a los registrados por Quispe (2010), quien, en la ciudad de Aplao – Arequipa, obtuvo contenido de cloruros de 81.2 mg/l; a los reportados por Vilca (2011), en muestras de agua de la localidad de Vilque obtuvo contenidos de cloruros de 8.33 mg/l, 6.8 mg/l y 6.81 mg/l, en el manantial, el reservorio y agua domiciliaria respectivamente.

También los registrados por Curo (2017) quien en el distrito de Coata las muestra de agua presentaron contenidos de cloruros fueron de 168.1 mg/l en Faón y 91.6 mg/l en Yasín; a los reportados por Calsín (2016), quién en aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III (Juliaca) de la ciudad de Juliaca las muestras de agua presentaron contenidos de cloruros entre 206.50 – 134.31 mg/l; a los publicados por Baccaro *et al.*, (2006) quienes en Mar de Plata determinaron contenidos de cloruros promedio de 200 mg/l; y a los reportado por Mamani (2007), quien en el distrito de Huanuara en Tacna, obtuvo contenidos de cloruros de 165 mg/l.

Por otra parte, los puntos P4-QQQ y R2-CP, superaron los valores recomendados para la categoría A1 (250 mg/l) para aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección e inclusive el punto de muestreo R1-CS, superó los valores recomendados para la categoría D1 (500 mg/l) para riego de vegetales. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Curasi (2010), quien en pozos de la ciudad de Puno obtuvo contenidos de cloruros entre 25.50 – 286.50 mg/l; a los reportados por González *et al.*, (2007), quien en el municipio de León (Nicaragua), obtuvieron contenidos de cloruros de 350 mg/l; y a los citados por Oruna (2010), quien, en muestras de agua de la ciudad de Puno, obtuvo contenido de cloruros de 11.98 – 319 mg/l;

Los altos contenidos de cloruros en las muestras de agua en las industrias se relacionarían con la corrosión en las tuberías metálicas y sus estructuras, las razones por la que se establecieron como límite para consumo humano fue de 250 ppm, por razones de sabor para el consumidor (Baccaro *et al.*, 2006; Baird & Cann, 2012), que por razones sanitarias. Las mediciones de cloruros en el agua son útiles para el riego de cultivos, en el agua utilizada con fines industriales y fundamentalmente, como “indicador” o “trazador”, en las evaluaciones de contaminación de aguas, ya que se encontró que el agua contaminada con letrinas presenta incrementos en cloruros, debido a que se encuentra presente en la orina del hombre (Sierra, 2011).

Fernández & Fernández (2007), manifiestan que las muestras de agua con elevadas concentraciones de cloruros, se presentan en cuerpos de agua cercanos al mar, por otro lado, indica la presencia de contaminación fecal ocasionada por vertimientos de aguas residuales sólidos y líquidos (Doria *et al.*, 2009). Los análisis de cloruros son un parámetro muy importante porque todas las aguas naturales contienen este componente, sin embargo, se debe verificar su concentración dado que puede dañar la salud (Pérez, 2016), por otro lado, no obstante, las bajas concentraciones, es algo que no debe causar preocupación ya que no presenta ningún inconveniente en cuanto al consumo humano, su presencia en el agua depende de las características de los terrenos que atraviesan (Melgarejo, 2003).

#### 4.1.6 Sulfatos

En la tabla 7, se observa que en los seis puntos de muestreo los promedios de contenido de sulfatos de las muestras de agua colectadas fueron de 110.33 mg/l para P1-BQQ (70 – 156 mg/l), 239.33 mg/l para P2-JBQV (212 – 266 mg/l), 93.00 mg/l para P3-SAQQ (52 – 142 mg/l), 200.67 mg/l para P4-QQQ (190 – 208 mg/l), 256.33 mg/l para R1-CS (194 – 310 mg/l), 305.33 mg/l para R2-CP (260 – 360 mg/l). Los datos presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 4.71% y 48.96%, lo cual indica que los datos en cada uno de los puntos de muestreo poseen leves y moderados niveles de dispersión.

Tabla 7

*Contenido de sulfatos (mg/l) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.*

Meses	Puntos de muestreo						Valor ECA
	P1-BQQ	P2-JBQV	P3-SAQQ	P4-QQQ	R1-CS	R2-CP	
2018							
Octubre	70	266	142	204	310	360	
Noviembre	156	212	52	208	194	260	
Diciembre	105	240	85	190	265	296	A1=250
Promedio	110.33	239.33	93.00	200.67	256.33	305.33	D1=1000
DE	43.25	27.01	45.53	9.45	58.48	50.65	D2=1000
CV (%)	39.19	11.28	48.96	4.71	22.82	16.59	

Donde: DE = desviación estándar y CV = Coeficiente de variación.

Los valores de contenidos de sulfatos de los seis puntos de muestreo, los puntos de muestreo P2-JBQV, R1-CS y R2-CP son los que superan los valores permitidos por el Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D. S. 004-2017- MINAM) para las categorías A1 agua que pueden ser potabilizadas con desinfección (250 mg/l), mientras tanto ninguna de las muestras supera la categoría D1 para riego de vegetales y D2 para bebida de animales, ambos con 1000 mg/l (Figura 12).

El análisis de varianza aplicado (anexo 7), arroja que el contenido de sulfatos en los seis puntos de muestreo, presentaron diferencia estadística significativa ( $F=11.82$ ;  $gl=5$ ;  $P=0.0003$ ), de todos ellos el punto de muestreo R2-CP fue el que obtuvo el mayor promedio (305.33 mg/l) y el menor valor de cloruros se obtuvo en el punto de muestreo P3-SAQQ (93.00 mg/l) (Figura 13).

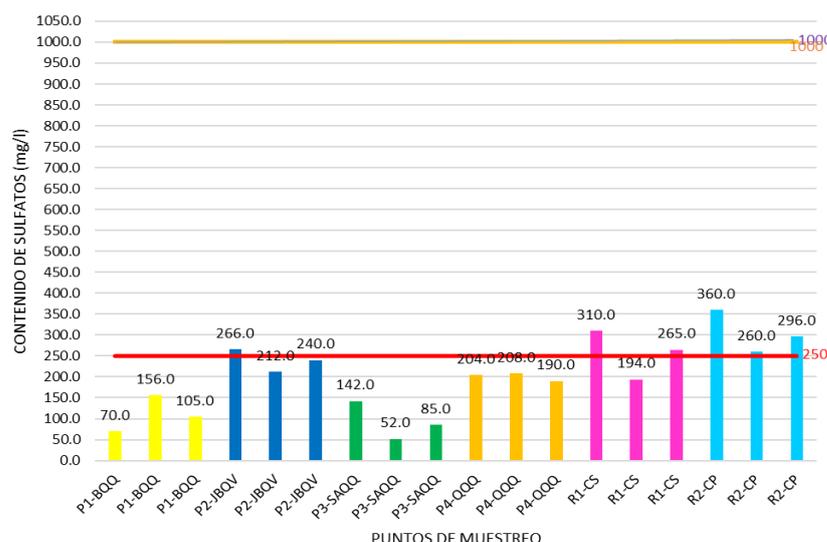


Figura 12. Valores de contenido de sulfatos según normatividad de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches. Donde: línea roja categoría A1, línea morada categoría D1; línea naranja categoría D.

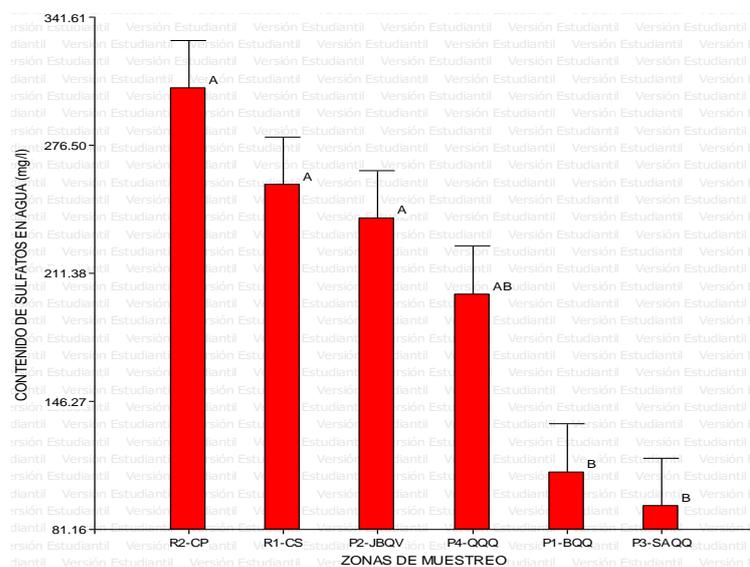


Figura 13. Prueba de Tukey de los contenidos de sulfatos en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Los valores de sulfatos obtenidos en cuatro de los seis puntos de muestreo no superaron los valores de 250 mg/l, tal como lo recomienda la norma vigente, estos concuerdan con los mencionados por Salazar (2015), quién en muestras de agua de la ciudad de Juliaca las muestras de agua arrojaron valores de sulfatos entre 65 – 90

mg/l; a los mencionados por Curasi (2010), quien en pozos de la ciudad de Puno obtuvo valores de sulfatos entre 16.00 – 218.00 mg/l; a los publicados por Baccaro *et al.*, (2006) quienes en Mar de Plata determinaron valores de sulfatos promedio de 200 mg/l; y a los registrados por Curo (2017) quien en el distrito de Coata obtuvo valores de sulfatos de 132.7 mg/l en Collana I y 46.0 mg/l en Yasín.

Por otro lado, en los puntos R1-CS y R2-CP, los valores superaron los 250 mg/l recomendados por la norma, estos fueron similares a los registrados por Quispe (2010), quien, en la ciudad de Aplao – Arequipa, obtuvo valores de sulfatos de 401.60 mg/l; a los reportados por Calsín (2016), quién en aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III (Juliaca) de la ciudad de Juliaca las muestras de agua presentaron valores de sulfatos entre 324.00 – 226.18 mg/l; y a los reportados por González *et al.*, (2007), quien en el municipio de León (Nicaragua), obtuvieron valores de sulfatos de 358.00 mg/l.

Las fuentes de aguas en los puntos de muestreo que se encuentran con elevados valores de sulfatos, se debe a la composición química de las aguas subterráneas, por tanto dependen de los factores como la alimentación de los acuíferos, la infiltración de precipitaciones atmosféricas, la lixiviación, erosión y meteorización de las rocas adyacentes y la actividad antrópica, en la investigación se estaría presentando la influencia del río Coata el cual viene siendo contaminado por las aguas residuales de la ciudad de Juliaca, también se afirma que se encuentran en concentraciones elevadas en cercanía al mar, y por la contaminación fecal que es ocasionada por vertimientos de aguas residuales sólidos y líquidos (Fernández & Fernández, 2007).

Sin embargo, las fuentes de sulfatos en el agua, puede tener su origen en terrenos ricos en yesos y la contaminación con aguas residuales industriales, a pesar de ellos no origina problemas de potabilidad para el consumo humano, pero con contenidos superiores a 300 mg/l pueden causar trastornos gastrointestinales en los niños (Wilson *et al.*, 2007), así como su efecto laxante ante la presencia de sulfatos de sodio y magnesio, por lo que no debe superar los valores permitidos en las ECAS (Guzmán, 2011). Por otro lado, el ion sulfato es abundante en aguas naturales, ya que procederían de las aguas de lluvias debido a la presencia de ácido sulfúrico proveniente del dióxido de azufre presente en la atmósfera (Arboleda, 2000).

En lugares donde pueda aumentar la concentración de fitoplancton, se pueden presentar zonas anaerobias debido a la descomposición de materia orgánica, en las que las bacterias afines al sulfato se activan (Aguilera *et al.*, 2010), éstas bacterias toman el oxígeno de los sulfatos formando sulfuro de hidrógeno, el cual es un compuesto de olor desagradable y altamente tóxico que elimina muchos organismos del medio, excepto las bacterias anaeróbicas del ecosistema (Guevara y Ortiz, 2009).

#### 4.1.7 Nitratos

En la tabla 8, se observa que en los seis puntos de muestreo los promedios del nitratos de las muestras de agua colectadas fueron de 1.57 mg/l para P1-BQQ (0.90 – 2.30 mg/l), 1.53 mg/l para P2-JBQV (1.40 – 1.70 mg/l), 1.97 mg/l para P3-SAQQ (1.50 – 2.30 mg/l), 25.00 mg/l para P4-QQQ (23.00 – 27.00 mg/l), 2.30 mg/l para R1-CS (2.10 – 2.50 mg/l), 4.93 mg/l para R2-CP (3.10 – 6.80 mg/l). Los datos presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 8.00% y 44.83%, lo cual indica que los datos en cada uno de los puntos de muestreo poseen leves y moderados niveles de dispersión.

Tabla 8

*Contenido de nitratos (mg/l) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.*

Meses 2018	Puntos de muestreo						Valor ECA
	P1-BQQ	P2-JBQV	P3-SAQQ	P4-QQQ	R1-CS	R2-CP	
Octubre	2.30	1.50	1.50	27.00	2.30	6.80	
Noviembre	0.90	1.70	2.30	25.00	2.10	3.10	A1=50
Diciembre	1.50	1.40	2.10	23.00	2.50	4.90	D1=100
Promedio	1.57	1.53	1.97	25.00	2.30	4.93	D2=100
DE	0.702	0.153	0.416	2.000	0.200	1.850	
CV (%)	44.83	9.96	21.17	8.00	8.69	37.51	

Donde: DE = desviación estándar y CV = Coeficiente de variación.

Los valores de nitratos de los seis puntos de muestreo, se encuentran por debajo de los valores permitidos por el Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D. S. 004-2017- MINAM) para las categorías A1 agua que pueden ser potabilizadas con desinfección (50 mg/l) y D1 para riego de vegetales y D2 para bebida de animales (100 mg/l).

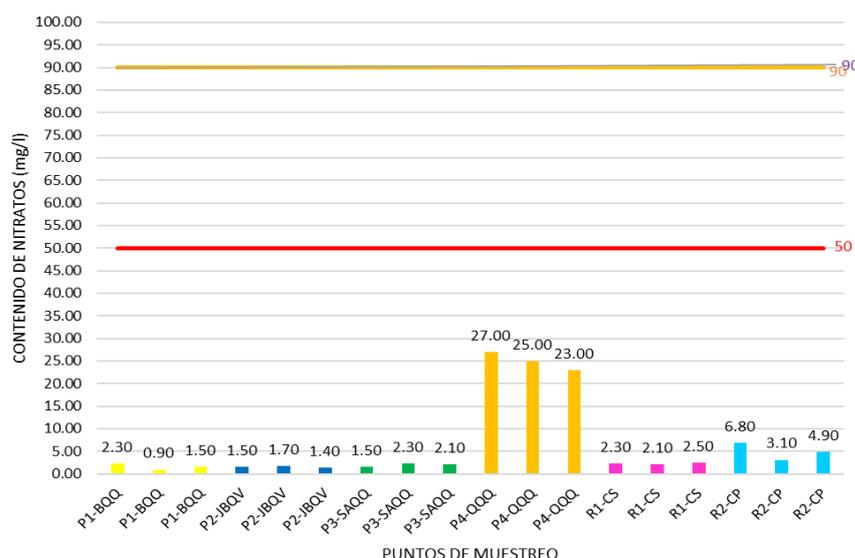


Figura 14. Valores de contenido de nitratos según normatividad, de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches. Donde: línea roja categoría A1, línea morada categoría D1; línea naranja categoría D2.

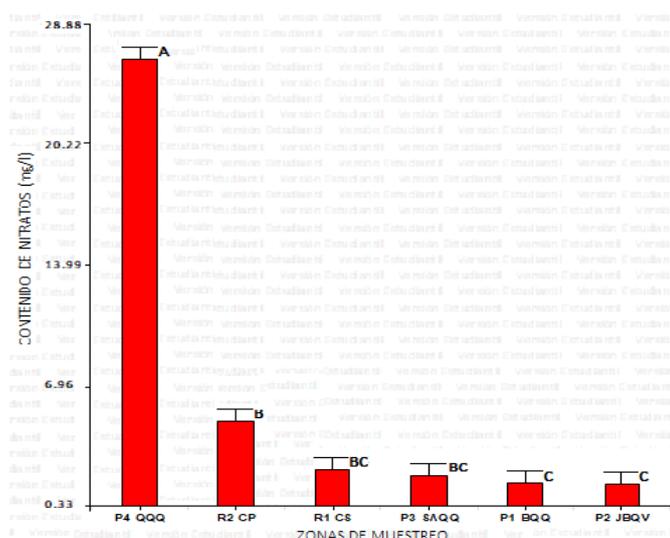


Figura 15. Prueba de Tukey de los contenidos de nitratos en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

El análisis de varianza aplicado (anexo 8), arroja que el contenido de nitratos en los seis puntos de muestreo, presentaron diferencia estadística significativa ( $F=190.49$ ;  $gl=5$ ;  $P=0.0001$ ), de todos ellos el punto de muestreo P4-QQQ fue el que obtuvo el mayor promedio (25.0 mg/l) y el menor valor de nitrato se obtuvo en el punto de muestreo P2-JBQV con 1.53 mg/l (Figura 15).

Los resultados de los análisis de nitratos en las muestras de aguas no superaron los valores referenciales de la norma vigente (50 mg/l), estos resultados fueron los valores de los puntos de muestreo P1-BQQ, P2-JBQV- P3-SAQQ, R1-CS Y R2-CP, los cuales coinciden con Vitoria *et al.*, (2015), quienes en muestras de ciudades españolas, reportan una concentración promedio de nitratos es 3.47 mg/l, los cuales variaron entre 15 mg/l y 50 mg/l, así también Vinelli (2012), reporta que el cultivo de arroz en San Pedro de Lloc, (La Libertad – Perú), revelaron una concentración de nitratos inferior a los límites de calidad válidos en el país a la fecha de estudio.

En el punto de muestreo P4-QQQ, se presentó los mayores valores de nitratos, lo cual sería a causa de la utilización de fertilizantes nitrogenados, que se infiltran en el suelo, y las descargas de desechos sanitarios e industriales en pozos ciegos o zanjas de absorción, los cuales terminan infiltrándose en el suelo. Los compuestos nitrogenados son arrastrados por el agua hacia los acuíferos, a través del suelo, en él se llevan a cabo reacciones químicas que terminan oxidándolo hasta el estado de nitratos, incrementando en las napas subterráneas, a ello se aúna las características del suelo, las condiciones climatológicas, las cantidades de productos nitrogenados descargadas, las características de las napas subterráneas, entre otros, determinan los niveles de concentración a los que pueden elevarse los nitratos en estos acuíferos.

Los nitratos no son en sí mismos tóxicos. Se sabe que se absorben rápidamente a nivel intestinal y se eliminan por orina. El peligro potencial de los nitratos radica en la eventual transformación en nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) dentro del organismo. Esta transformación, que implica una reducción enzimática, puede ocurrir en la cavidad bucal y bajo ciertas condiciones, en el tubo digestivo. El efecto más conocido producido por una alta concentración de nitritos en sangre es la transformación de la hemoglobina a metahemoglobina. La hemoglobina se encuentra presente en los glóbulos rojos de la sangre y es la encargada de transportar el oxígeno a todo el organismo. La metahemoglobina es un tipo de hemoglobina no funcional que por lo tanto no es capaz de transportar oxígeno (Sierra, 2011).

#### 4.1.8 Arsénico

En la tabla 9, se observa que en los seis puntos de muestreo los promedios de contenido de arsénico en las muestras de agua colectadas fueron de 0.020 mg/l para

P1-BQQ (0.003 – 0.033 mg/l), 0.021 mg/l para P2-JBQV (0.002 – 0.032 mg/l), 0.029 mg/l para P3-SAQQ (0.028 – 0.030 mg/l), 0.038 mg/l para P4-QQQ (0.023 – 0.055 mg/l), 0.044 mg/l para R1-CS (0.030 – 0.058 mg/l), 0.035 mg/l para R2-CP (0.023 – 0.058 mg/l). Los datos presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 4.028% y 78.623%, lo cual indica que los datos en cada uno de los puntos de muestreo poseen bajos, moderados y altos niveles de dispersión.

Tabla 9

Contenido de arsénico (mg/l) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Meses 2018	Puntos de muestreo						Valor ECA
	P1-BQQ	P2-JBQV	P3-SAQQ	P4-QQQ	R1-CS	R2-CP	
Octubre	0.003	0.002	0.028	0.036	0.043	0.025	A1=0.01 D1=0.1 D2=0.2
Noviembre	0.033	0.030	0.028	0.023	0.030	0.023	
Diciembre	0.025	0.032	0.030	0.055	0.058	0.058	
Promedio	0.020	0.021	0.029	0.038	0.044	0.035	
DE	0.016	0.017	0.001	0.016	0.014	0.020	
CV (%)	76.401	78.623	4.028	42.351	32.088	55.628	

Donde: DE = desviación estándar y CV = Coeficiente de variación.

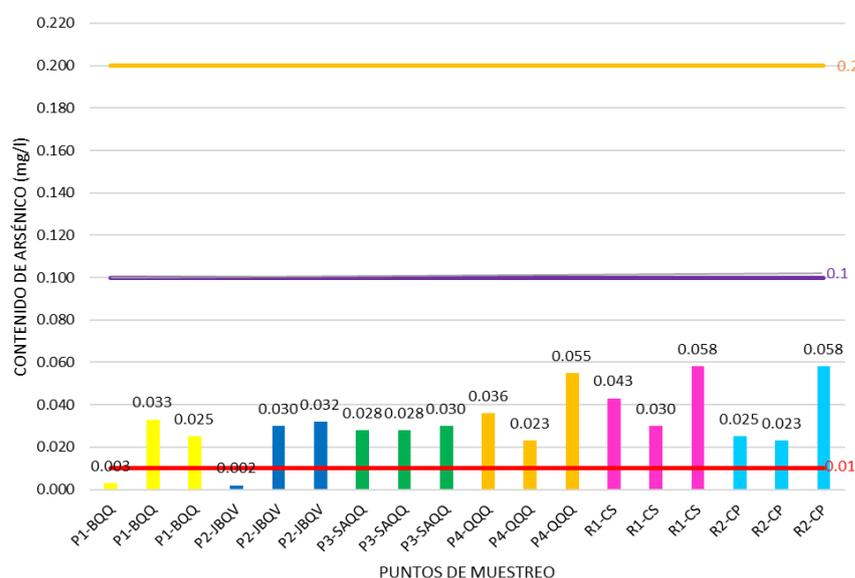


Figura 16. Valores de contenido de arsénico según normatividad en muestras de agua colectadas en el río Coata y fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Donde: línea roja categoría A1, línea morada categoría D1; línea naranja categoría D2.

Los valores de arsénico en los seis puntos de muestreo, superan los valores permitidos por el Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D. S. 004-2017- MINAM) para la categoría A1 agua que pueden ser potabilizadas con desinfección (0.01 mg/l) y están por debajo de valores de las categorías D1 para riego de vegetales (0.1 mg/l) y D2 para bebida de animales (0.2 mg/l).

El análisis de varianza aplicado (anexo 9), arroja que el contenido de arsénico en los seis puntos de muestreo, no presentaron diferencia estadística significativa ( $F=1.09$ ;  $gl=5$ ;  $P=0.4134$ ) (Figura 17).

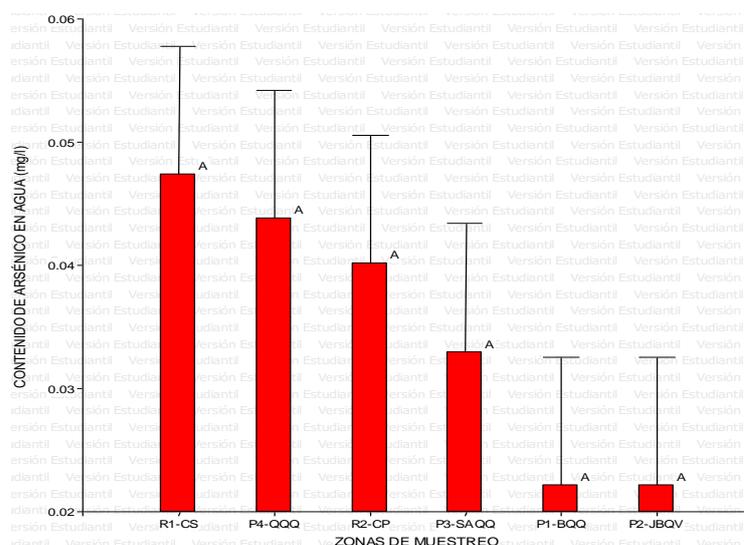


Figura 17. Prueba de Tukey de los contenidos de arsénico en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Los valores del contenido de arsénico en los puntos de muestreo, los cuales oscilaron entre 0.020 – 0.044 mg/l, estos resultados fueron inferiores a los reportados por la Universidad Nacional Agraria La Molina (1999), quienes reportan 47.5 – 45.9 mg/l de arsénico en sedimentos del río Ramis; y similares a los obtenidos por Guzmán *et al.*, (2011), reportan que el contenido de arsénico en muestras de agua del río San Pedro (Aguascalientes – México), osciló entre 0.010 y 0.030 mg/l; así también por Meza (2018), cuantificó plomo y arsénico, en agua de caño para consumo humano y del reservorio central provenientes del río Cañete en el anexo de Huancapuquio, distrito de Chocos, de la provincia de Yauyos, en 10 muestras de aguas de los caños encontró que la concentración promedio de plomo, en las muestras proveniente de caño fue de 0.012 mg/l; en el reservorio central se encontró un promedio de 0.009 mg/l; e inferiores a los mencionados por Huaranga *et al.*, (2012), quienes evaluaron

la contaminación de las aguas de la cuenca alta, media y baja del río Moche (Trujillo, Perú), concentraciones de arsénico de 9.00 mg/l y en la Cuenca Baja 0.016 mg/l; y valores superiores a los mencionados con Afán & Flores (2015), quienes evaluaron la presencia de arsénico en agua potable en el distrito de Hualgayoc, provincia Hualgayoc, Departamento de Cajamarca, en 15 muestras de agua los resultados indicaron la concentración promedio de arsénico de 0.0060 mg/l (0.0000 mg/l y 0.0213 mg/l) encontrándose que el 27% supera los LMP dados por la DIGESA.

La existencia de As en los suelos y ecosistemas acuáticos, tienen diferentes orígenes, como son en la agricultura, siendo parte de los pesticidas, insecticidas, herbicidas o defoliantes durante muchos años. Los arsenicales orgánicos han reemplazado, en la mayoría de los casos, a los inorgánicos como herbicidas selectivos o generales, asimismo son aplicados en proporciones más bajas que los arsenicales inorgánicos y de este modo se reducen en general los problemas asociados con la acumulación de As en los suelos agrícolas (Walsh & Keeney, 1975), pero puntualmente pueden persistir y merecen ser estudiados. La acumulación de As en las plantas puede estar afectada por muchos factores, incluyendo las especies de plantas, el tipo de compuestos utilizados, los métodos de aplicación, las condiciones del suelo y la aplicación de fertilizantes (Moreno, 2010), así como el origen subterráneo y la presencia de efluentes industriales mineros como lo que sucede en la región Puno.

Es raro que la acumulación de As en las plantas alcance niveles perjudiciales para los seres vivos, porque invariablemente el crecimiento es reducido antes de que el contenido alcance niveles tóxicos. Se puede concluir afirmando que los agricultores desecharían el cultivo, ante la reducción de la cosecha y la consecuente disminución de beneficios que este hecho conllevaría (Woolson, 1973). La presencia de As dentro de las células vegetales tiene efectos fisiológicos negativos para la planta que originan una serie de respuestas (síntomas de toxicidad) que han sido objeto de numerosos estudios recientes. Por regla general, los efectos negativos de un elemento se reflejan cuando su concentración sobrepasa un determinado umbral o nivel tóxico.

La causa de estos efectos positivos no ha sido aún establecida, por un lado, podría atribuirse al propio As, pero muchos autores lo han atribuido a un incremento un aumento en la absorción de fósforo por la planta asociado a las bajas dosis de As

(Carbonell *et al.*, 1998). La toxicidad de compuestos organoarsenicales no ha sido aún muy estudiada, aunque parecen interferir en los tejidos meristemáticos de la parte aérea y en la síntesis de proteínas (Horswell & Speir, 2006). Los mecanismos inducidos por As y los efectos causantes de la fitotoxicidad de As son hasta la fecha desconocidos en muchos aspectos, aunque en los últimos años han sido estudiados e identificados algunos de ellos (Verbruggen *et al.*, 2009). Para estudiar la toxicidad de elementos traza sobre plantas suelen utilizarse plantas cultivadas y/o herbáceas, sin embargo, existe aún un déficit de conocimiento sobre los efectos en especies leñosas que frecuentemente se utilizan en revegetación de suelos degradados (Fuentes *et al.*, 2007), las cuales pueden jugar un importante papel en la rehabilitación de suelos contaminados (Lepp & Dickinson, 1998).

#### 4.1.9 Plomo

En la tabla 10, se observa que en los seis puntos de muestreo los promedios del plomo en muestras de agua colectadas fueron de 0.044 mg/l para P1-BQQ (0.008 – 0.080 mg/l), 0.049 mg/l para P2-JBQV (0.004 – 0.074 mg/l), 0.055 mg/l para P3-SAQQ (0.045 – 0.070 mg/l), 0.055 mg/l para P4-QQQ (0.047 – 0.115 mg/l), 0.089 mg/l para R1-CS (0.065 – 0.135 mg/l), 0.072 mg/l para R2-CP (0.038 – 0.136 mg/l). Los datos presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 24.052% – 81.213%, lo cual indica que los datos en cada uno de los puntos de muestreo poseen moderados y altos niveles de dispersión.

Tabla 10

*Contenido de plomo (mg/l) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.*

Meses	Puntos de muestreo						Valor ECA
	P1-BQQ	P2-JBQV	P3-SAQQ	P4-QQQ	R1-CS	R2-CP	
2018							
Octubre	0.008	0.004	0.050	0.047	0.065	0.038	
Noviembre	0.080	0.074	0.070	0.050	0.068	0.042	
Diciembre	0.045	0.070	0.045	0.115	0.135	0.136	A1=0.01
Promedio	0.044	0.049	0.055	0.055	0.089	0.072	D1=0.05
DE	0.036	0.039	0.013	0.013	0.040	0.055	D2=0.05
CV (%)	81.213	79.684	24.052	24.052	44.303	77.030	

Donde: DE = desviación estándar y CV = Coeficiente de variación.

Los valores de plomo de los seis puntos de muestreo, se encuentran por encima de los valores permitidos por el Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D. S. 004-2017- MINAM) para las categorías A1 agua que pueden ser potabilizadas con desinfección (0.01 mg/l) y D1 para riego de vegetales y D2 para bebida de animales (0.05 mg/l).

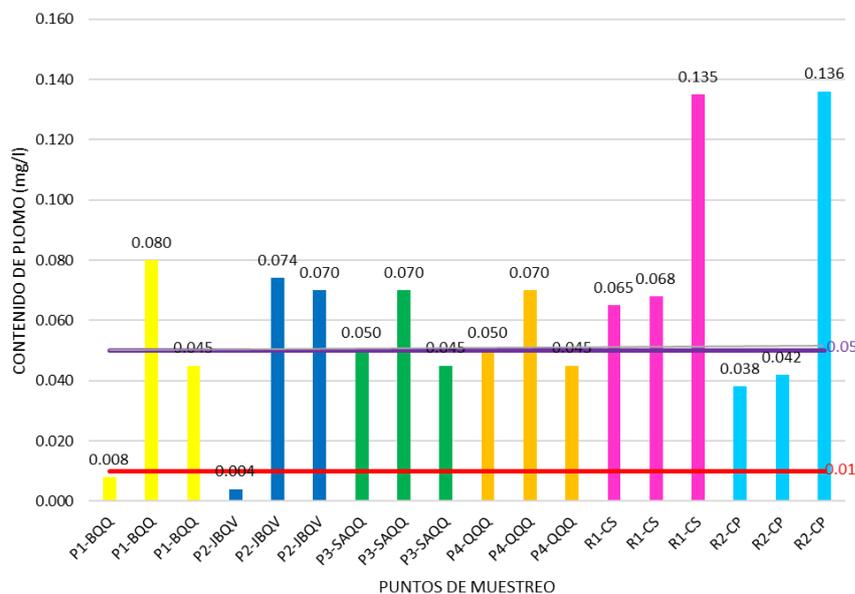


Figura 18. Valores de contenido de plomo según normatividad de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches. Donde: línea roja categoría A1, línea morada categoría D1; línea naranja categoría D2.

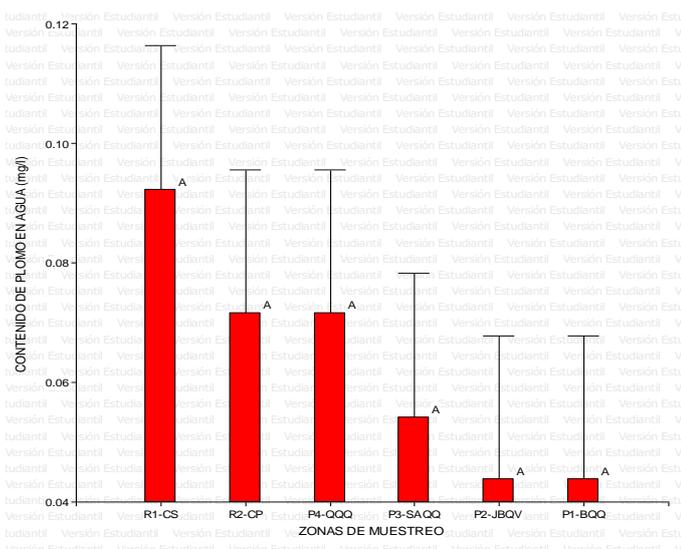


Figura 19. Prueba de Tukey de los contenidos de plomo en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

El análisis de varianza aplicado (anexo 10), arroja que el contenido de plomo en los seis puntos de muestreo, no presentaron diferencia estadística significativa ( $F=0.63$ ;  $gl=5$ ;  $P=0.6799$ ) (Figura 19).

Los valores cuantificados de plomo en muestras de agua en la C.C. Suches oscilaron entre 0.044 – 0.089 mg/l, los cuales superaron los valores recomendados para la categoría A1, D1 y D2, los resultados son inferiores a los mencionados por Huaranga *et al.*, (2012), quienes evaluaron la contaminación de las aguas de la cuenca alta, media y baja del río Moche (Trujillo, Perú), y reportaron contenidos de plomo de 100.37 mg/l; a los reportados por Afán & Flores (2015), evaluaron la presencia de plomo y arsénico en agua potable en el distrito de Hualgayoc, provincia Hualgayoc, Departamento de Cajamarca, la concentración promedio de Plomo fue de 0.0564 mg/l (0.0105 mg/l – 0.1587 mg/l) encontrándose que el 100% superan las concentraciones del LMP dados por la DIGESA.

Por otro lado, fueron superiores a los registrados por en la desembocadura del río Ramis, donde las muestras de agua presentaron contenidos de plomo de 0.014 mg/l, el cual se encontró por encima del límite permisible según los valores guía de USEPA para metales totales (Universidad Nacional Agraria La Molina, 1999); y a los citados por Meza (2018), cuantificó plomo y arsénico, en agua de caño para consumo humano y del reservorio central provenientes del río Cañete en el anexo de Huancapuquio, distrito de Chocos, de la provincia de Yauyos, en 10 muestras de aguas de los caños encontró que la concentración promedio de plomo, en las muestras proveniente de caño fue de 0.012 mg/l; en el reservorio central se encontró un promedio de 0.009 mg/l.

El principal riesgo del plomo es su toxicidad, la intoxicación se manifiesta en las enfermedades profesionales. El consumo industrial de plomo se viene incrementando y los consumidores tradicionales se han ido reemplazando por nuevos. El plomo se absorbe vía tracto digestivo, debido a la generación de polvo conteniendo plomo y que sedimentan sobre las plantas y los acuáticos, estos son consumidos posteriormente por el hombre y los animales. El plomo inhalado y depositado en el sistema respiratorio bajo, se absorbe por completo, alteran la fisiología de los huesos, la sangre, los riñones, el hígado y el cerebro y los dientes, en tal sentido, para que se desarrolle una intoxicación por plomo, no es necesaria una exposición aguda

importante, ya que el organismo humano acumula este metal durante toda su vida y es liberado lentamente, en tal sentido dosis pequeñas producen, con el transcurrir del tiempo, una intoxicación por plomo, ya que diversos órganos están expuestos a dichos efectos adversos (Repetto & Repetto, 2009).

Los valores de plomo en agua que superan lo indicado por las normas vigentes, serían potenciales tóxicos en especies vegetales especialmente en plantas sensibles, mientras que otras, como es el caso *Pistia stratiotes* que no presentó muerte a una concentración de 7 mg/l, desarrollan ciertos mecanismos bioquímicos que evaden su acción toxica, dicha resistencia es debido a la deposición de metales pesados sobre la pared celular, enlaces a grupos sulfhídricos (-SH) en el límite del citoplasma, o mediante su aislamiento en compartimientos, formando complejos con ácidos orgánicos, fenoles y otros compuestos orgánicos en las vacuolas (Hernández, 2001).

Los principales procesos fisiológicos afectados por la fitotoxicidad del Pb son: actividad enzimática, nutrición mineral, potencial hídrico, estructura de la membrana, estatus hormonal, y transporte de electrones. A altas concentraciones de Pb, ocurre una inhibición de crecimiento de la raíz y del mismo modo a bajas concentraciones de Pb, existe una mayor sensibilidad en el desarrollo y extensión de la raíz principal. Debido a esto, se dice que la inhibición del crecimiento radicular bajo toxicidad, puede ser un resultado de la inhibición de la división celular de la raíz (Vargas, 2007).

#### **4.2 Recuentos de bacterias coliformes totales y termotolerantes presentan las muestras de aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches y evitar el daño a la biota y la salud pública**

##### **4.2.1 Conteo de coliformes totales**

En la tabla 11, se observa que en los seis puntos de muestreo los promedios de los recuentos de coliformes totales en muestras de agua colectadas fueron de 29.00 NMP/100 ml para P1-BQQ (26 – 34 NMP/100 ml), 35.00 NMP/100 ml para P2-JBQV (28 – 35 NMP/100 ml), 48.67 NMP/100 ml para P3-SAQQ (39 – 64 NMP/100 ml), 118.33 NMP/100 ml para P4-QQQ (75 – 160 NMP/100 ml), 246.67 NMP/100 ml para R1-CS (210 – 290 NMP/100 ml), 124.33 NMP/100 ml para R2-CP (93 – 160 NMP/100 ml). Los datos presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 15.03% y 35.94%, lo cual indica que los datos en cada uno de los puntos de muestreo poseen bajos y leves niveles de dispersión.

Tabla 11

Contenido de coliformes totales (NMP/100 ml) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Meses	Puntos de muestreo						Valor ECA
	P1-BQQ	P2-JBQV	P3-SAQQ	P4-QQQ	R1-CS	R2-CP	
2018							
Octubre	26	35	39	75	290	120	
Noviembre	27	42	64	160	210	160	
Diciembre	34	28	43	120	240	93	A1=50
Promedio	29.00	35.00	48.67	118.33	246.67	124.33	D1=N.A.
DE	4.36	7.00	13.43	42.53	40.42	33.71	D2=N.A.
CV (%)	15.03	20.00	27.59	35.94	16.38	27.11	

Donde: DE = desviación estándar y CV = Coeficiente de variación.

Los valores de coliformes totales en los puntos de muestreo P4-QQQ, R1-CS y R2-CP y una muestra del punto P3-SAQQ, superan los valores permitidos por el Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D. S. 004-2017- MINAM) para las categorías A1 agua que pueden ser potabilizadas con desinfección (50 NMP/100 ml), mientras que para las categorías D1 para riego de vegetales y D2 para bebida de animales no aplican.

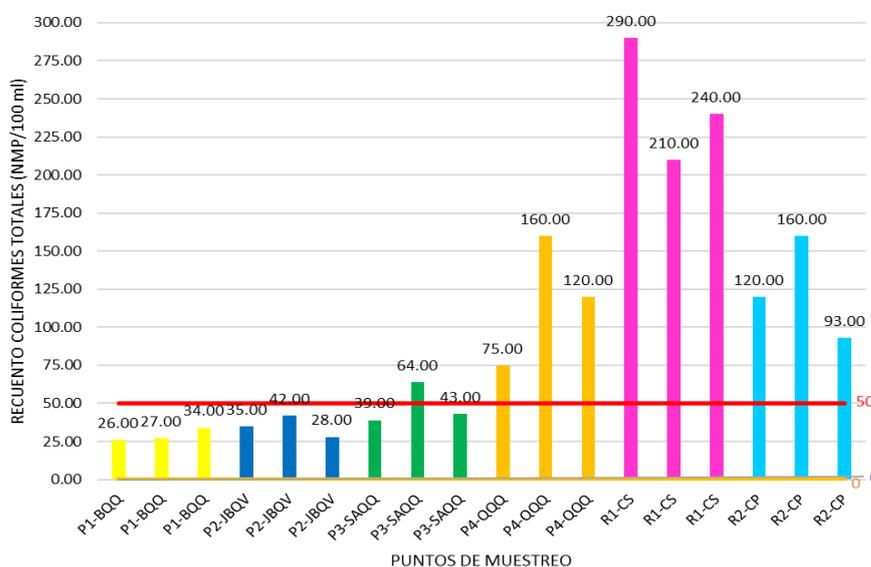


Figura 20. Valores de contenido de coliformes totales según normatividad, de muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Donde: línea roja categoría A1, categoría D1 y categoría D2 no aplican.

El análisis de varianza aplicado (anexo 11), arroja que el contenido de coliformes totales en los seis puntos de muestreo, presentaron diferencia estadística significativa ( $F=25.61$ ;  $gl=5$ ;  $P<0.0001$ ), de todos ellos el punto de muestreo R1-CS fue el que obtuvo el mayor promedio (246.67 NMP/100 ml) y el menor valor de coliformes totales se obtuvo en dos puntos de muestreo P2-JBQV (35 NMP/100 ml) y P1-BQQ (29 NMP/100 ml) (Figura 21).

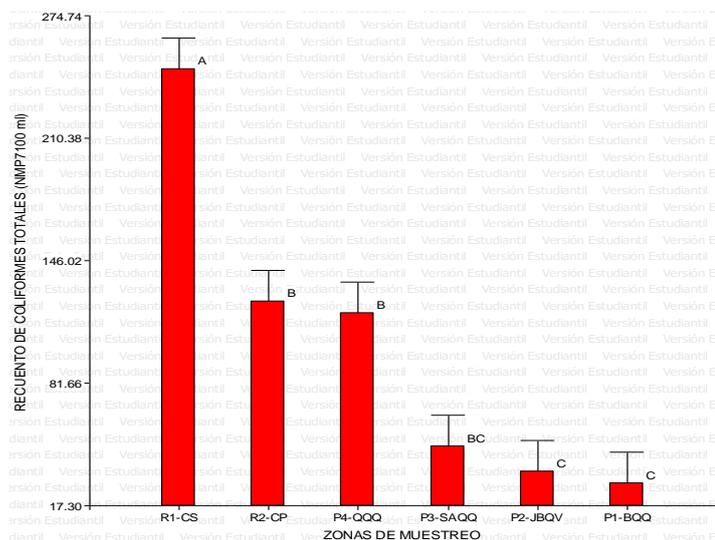


Figura 21. Prueba de Tukey de los contenidos de coliformes totales en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.

Los valores de coliformes totales oscilaron entre 29 y 246.67 NMP/100 ml y en el 50% de las muestras de agua evaluadas superan los valores recomendados por la norma vigente, fueron inferiores a los reportados por Quispe (2010), quien, en la ciudad de Aplao – Arequipa, obtuvo valores de coliformes totales de 4200 NMP/100 ml; a los reportados por Calsín (2016), quién en aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III (Juliaca) de la ciudad de Juliaca las muestras de agua presentaron valores de coliformes totales entre 438.91 – 628.91 UFC/100 ml; pero fueron similares a los citados por Oruna (2010), quien, en muestras de agua de la ciudad de Puno, obtuvo valores de coliformes totales de 0 – 200 NMP/100 ml; y a los indicados por Soto (2013), comparó el agua de pozo del mercado Bellavista y Unión Dignidad (Puno), reportó recuento de coliformes totales entre 592 y 112 NMP/100 ml.

Por otro lado, fueron superiores a los publicados por Baccaro *et al.*, (2006) quienes en Mar de Plata determinaron valores de coliformes totales en promedio de 93 NMP/100 ml; y a los reportados por González *et al.*, (2007), quien en el municipio

de León (Nicaragua), obtuvieron valores de coliformes totales de 65 NMP/100 ml. A su vez, otros estudios los recuentos bacterianos están indicados en UFC/100 ml, los cuales se encuentran elevados, tales como los reportes de Ramírez *et al.*, (2009), quienes realizaron estudios microbiológicos del acuífero de Zacatepec (México), con recuentos de 107 UFC/100 ml; Quinteros & Herrera (2009), que en aguas subterráneas en la región sur del municipio de Valledupar, Cesar (Colombia), determinaron 440 UFC/100 ml y Cava & Ramos (2016), que al caracterizar físico - química y microbiológicamente el agua de consumo humano de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora – Lambayeque, reportaron recuentos de coliformes totales de 30 – 50 UFC/100 ml.

La presencia de coliformes totales, indica la presencia de estas bacterias en el cuerpo de agua ha sido o está contaminada con materia orgánica de origen fecal, ya sea por humanos y animales; y los coliformes termotolerantes, son un indicador indirecto de riesgo potencial de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno, debido a que las coliformes termotolerantes, siempre están en heces humanas y de los animales (Sierra, 2011), ya que viven en el intestino grueso, no son patógenos y su presencia permite diagnosticar el tiempo transcurrido desde la contaminación fecal (Orozco *et al.*, 2003). El grupo coliforme incluye a las bacterias de forma bacilar, aeróbicas y facultativas aeróbicas, Gram negativas, no forman esporas, fermentan la lactosa con formación de gas en un periodo de 48 horas y 37 °C y debido a que el número de coliformes en los excrementos humanos es muy grande, la secreción diaria por habitante varía entre  $125 \times 10^9$  y  $400 \times 10^9$ , en tal sentido su presencia en el agua es un índice evidente de contaminación fecal y por tanto la existencia de contaminación con organismos patógenos. El consumo de agua con *E. coli* patógena causa diarrea, especialmente en niños y en viajeros (Romero, 2009).

#### 4.2.2 Conteo de coliformes termotolerantes

En la tabla 12, se observa que en los seis puntos de muestreo los promedios del coliformes termotolerantes en las muestras de agua colectadas fueron de 4.00 NMP/100 ml para P1-BQQ (3 – 6 NMP/100 ml), 7.00 NMP/100 ml para P2-JBQV (6 – 9 NMP/100 ml), 6.00 NMP/100 ml para P3-SAQQ (3 – 9 NMP/100 ml), 19.67 – 20 NMP/100 ml para P4-QQQ (210 – 290 NMP/100 ml), 66.67 NMP/100 ml para R1-CS (60 – 80 NMP/100 ml) y 43.33 NMP/100 ml para R2-CP (35 - 55 NMP/100

ml). Los datos presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 17.32% y 50.00%, lo cual indica que los datos en cada uno de los puntos de muestreo poseen bajos y moderados niveles de dispersión.

Tabla 12

*Contenido de coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) de las muestras de agua colectadas en el río Coata y sus fuentes de agua aledañas en la C.C. Suches.*

Meses 2018	Puntos de muestreo						Valor ECA
	P1-BQQ	P2-JBQV	P3-SAQQ	P4-QQQ	R1-CS	R2-CP	
Octubre	3	6	6	20	80	55	A1=20 D1=1000 D2=1000
Noviembre	6	9	3	24	60	40	
Diciembre	3	6	9	15	60	35	
Promedio	4.00	7.00	6.00	19.67	66.67	43.33	
DE	1.73	1.73	3.00	4.51	11.55	10.41	
CV (%)	43.30	24.74	50.00	22.93	17.32	24.02	

Donde: DE = desviación estándar y CV = Coeficiente de variación.

Los valores de coliformes termotolerantes de dos de los seis puntos de muestreo y un muestreo en el punto P4-QQQ, se encuentran superando los valores permitidos por el Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D. S. 004-2017- MINAM) para las categorías A1 agua que pueden ser potabilizadas con desinfección (20 NMP/100 ml).

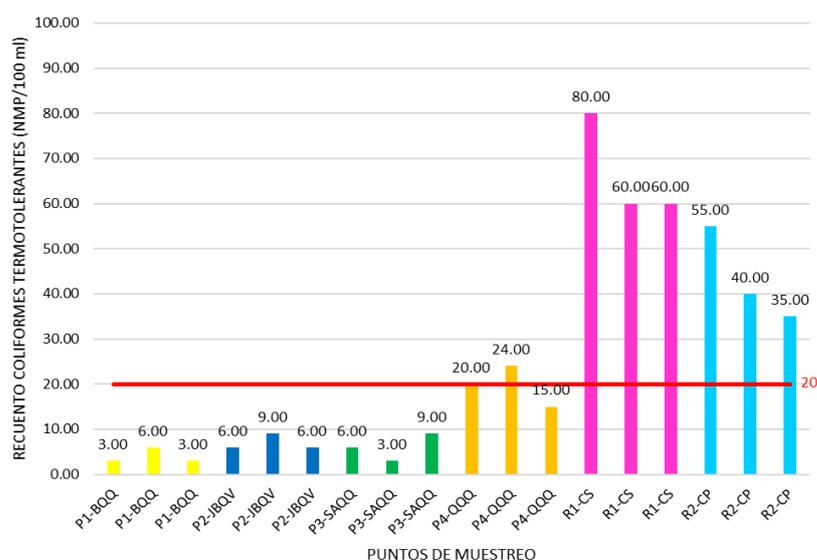


Figura 22. Valores de contenido de coliformes termotolerantes según normatividad de muestras de agua del río Coata y sus fuentes aledañas en la C.C. Suches.

Donde: línea roja categoría A1.

El análisis de varianza aplicado (anexo 12), arroja que el contenido de coliformes termotolerantes en los seis puntos de muestreo, presentaron diferencia estadística significativa ( $F=88.26$ ;  $gl=5$ ;  $P<0.0001$ ), de todos ellos el punto de muestreo R1-CS fue el que obtuvo el mayor promedio (66.67 NMP/100 ml) y el menor valor de coliformes termotolerantes se obtuvo en cuatro puntos de muestreo P4-QQQ (19.67 NMP/100 ml), P2-JBQV (7 NMP/100 ml), P3-SAQQ (6 NMP/100 ml) y P1-BQQ (4 NMP/100 ml) (Figura 23).

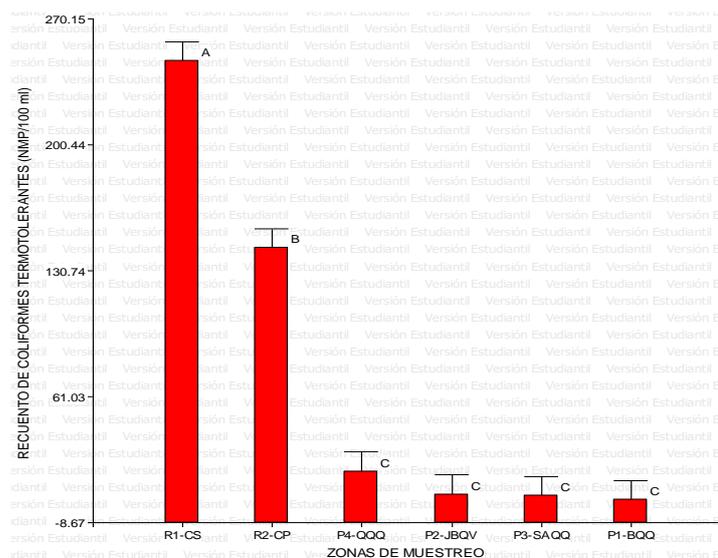


Figura 23. Prueba de Tukey de los contenidos de coliformes termotolerantes en muestras de agua colectadas en el río Coata y sus aledaños en la C.C. Suches.

Los valores de coliformes termotolerantes oscilaron entre 4 y 66.67 NMP/100 ml y en dos de las seis muestras de agua evaluadas superan los valores recomendados por la norma vigente, estos fueron inferiores a los reportados por Quispe (2010), quien, en la ciudad de Aplao – Arequipa, obtuvo valores de coliformes termotolerantes de 1881 NMP/100 ml; y superiores a los citados por Oruna (2010), quien, en muestras de agua de la ciudad de Puno, obtuvo valores de coliformes termotolerantes de 0 – 7 NMP/100 ml; a los indicados por Soto (2013), comparó el agua de pozo del mercado Bellavista y Unión Dignidad (Puno), reportó recuento de coliformes termotolerantes de 112 NMP/100 ml en época lluviosa y en época seca de 9.75 NMP/100 ml; y a los publicados por Baccaro *et al.*, (2006) quienes en Mar de Plata determinaron valores de coliformes termotolerantes en promedio de 3 NMP/100 ml.

Una muestra positiva a coliformes termotolerantes, se debe a una inadecuada cloración que presentaba el punto de muestreo, así como a la presencia de animales

y letrinas (Quispe, 2005) o algún vertido que proceda de aguas residuales domésticas (Fernández & Fernández, 2007). Por otra parte, la presencia de coliformes fecales indican con un mayor grado de certeza la posible presencia de patógenos entéricos, por tanto, cuanto mayor es la población de coliformes fecales, mayor es la probabilidad que microorganismos patógenos estén presentes en el agua (Baccaro *et al.*, 2006). Si consideramos que el agua pasa por dosificador de cloro antes de llegar al público usuario, las coliformes deberán estar ausentes. La presencia de coliformes indica que puede estar presente en las fuentes de abastecimiento, caso contrario se estaría contaminando por las tuberías de desagües o alcantarillados (Ramírez *et al.*, 2009), ya que la contaminación por coliformes indica la ocurrencia de polución fecal y por lo tanto la contaminación de organismos patógenos (Doria *et al.*, 2009), tal como sucede con el río Coata el cual posee la contaminación por las aguas residuales de la ciudad de Juliaca.

Las coliformes no solamente provienen de los excrementos humanos, sino también pueden originarse en animales de sangre caliente, animales de sangre fría y en el suelo; por tanto, la presencia de coliformes en aguas superficiales indica contaminación proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de las tres fuentes (Romero, 2009), por otra parte, Vilca (2011), aseveran que, la presencia de coliformes se debería a la presencia cercana de hatos, bebederos de animales y letrinas, por lo que el agua puede convertirse en un potencial riesgo de contraer enfermedades diarreicas sino lo realizan el proceso de desinfección y la ingestión de agua con bacterias coliformes ocasionaría gastroenteritis, la infección de piel, ojos y oídos (Abad, 2014).

#### **4.3 Alternativas de saneamiento ambiental para aplicar en aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches para mitigar los daños en la biota y la salud pública.**

##### **a. Alternativas para la reducción de la dureza del agua.**

Una muestra de agua dura puede volver a ser blanda, adicionándole carbonato de sodio o potasio, que a continuación precipita a sales de carbonatos, mediante el intercambio iónico con zeolita o resinas sintéticas (Baird y Cann, 2012), asimismo se puede disminuir hirviendo el agua, eliminando posteriormente los precipitados

en los recipientes (Romero, 2009), caso contrario la población que vendría consumiendo el agua estaría expuesta a la formación de cálculos en las vías urinarias, dolor, hemorragia, obstrucción del flujo de la orina o una infección (Vilca, 2011; UCN, 2018).

#### **b. Alternativa para el tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales**

Vilchez (2005), recomienda el uso de sistemas de biofiltros sumergidos, para el tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales, por su bajo costo inicial y de mantenimiento, mediante biopelículas sumergidas que descontaminan metales pesados eliminándolos de los efluentes, los cuales son aplicados por 24 horas y un tiempo de lavado de diez días, para un caudal de 2.3 l/hora adicionándole una concentración de sacarosa de 250 mg/l. El metabolismo de los microorganismos de las biopelículas es influenciado por los metales pesados, entre los metales y microorganismos determinados en los biofiltros son el cobre (II) por *Sphingomodas*, el plomo (II) por bacterias de la Familia Rhodobacteraceae, con Cr (III) por Alfa-proteobacterias y Beta-proteobacterias, y al As (III) mediante bacterias de la Familia Rhizobiaceae.

#### **c. Alternativas para la remoción de metales pesados.**

Acosta *et al.*, (2013), obtuvieron la remoción de metales pesados mediante la electrocoagulación, debido a que genera escasos residuos secundarios, siendo factible económicamente y con porcentajes de remoción próximos 100%. Esta tecnología (electrocoagulación) es parecida a la coagulación, pero con mayor eficiencia, ya que posee cationes y la remoción es mayor al sulfato de aluminio o hierro, dicha tecnología utiliza un reactor donde los conductores de energía eléctrica o electrodos (ánodos y cátodos inertes), los cuales se sumergen al líquido a tratar (Tchamango *et al.*, 2010), donde se logró remover arsénico, hierro, níquel, cobre, zinc, plomo, cadmio, mercurio y cromo hexavalente, mediante electrodos de aluminio ( $Al^{3+}$ ) y hierro ( $Fe^{2+}$ ), con altos porcentajes de remoción.

Carranza (2015), en El Salvador, experimentaron tecnologías artesanales para la remoción de plomo y arsénico del agua, que mediante cubetas y luz solar (RAOS), se logra la coagulación con el hidróxido de hierro (III), y mediante un proceso de adsorción – floculación quela al arsénico y plomo presentes en el agua, lográndose

la remoción de plomo en el 99.98% y 99.92% en la unidad de tratamiento con las cubetas, el cual se encontró por debajo del límite establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua potable NSO 13.07.01:08, no disminuyendo los valores de arsénico.

Los metales arsénico y plomo, resultaron con cifras que superiores a los recomendados en las normas ECAs de agua, Gebremedhin (2002), recomienda su remoción de otros metales tales como el Hg, Cu, Zn y Ni mediante los minerales zeolíticos compuestos de azufre y en un pH ácido, en dicho experimento se obtuvo una alta quelación de Hg, utilizando minerales zeolíticos estructurados con cloruro de cisteaminio o dicloruro de cistaminio, lográndose una adsorción de 0.0511 y 0.0525 mmol Hg/g, respectivamente.

La aplicación de biomasa microbiana viva o inactiva son eficaces para la quelación de metales pesados que otros tratamientos, ya que posee grupos químicos en la superficie de las células vivas y su exopolímero ostenta la afinidad por los cationes, por tanto, la biorremediación ambiental realizada por bacterias, hongos o levaduras y la fitorremediación realizada por algas y plantas acuáticas vivas o inactivas poseen la capacidad de bioadsorber metales contaminantes (Vilchez, 2005). Kapoor & Viraraghvan (1998), recomiendan el uso de sistemas de biofiltros sumergidos para lograr la mayor de adsorción de metales con respecto a los fangos activos, siendo uno de los resultados más resaltantes la adsorción del plomo (II) mediante biomasa de *Aspergillus niger*, mediante intercambio iónico. Gadd (2000), para remover iones plumboso, cúprico y cadmio (II) utilizó *Pseudomonas aeruginosa*; las células inactivas de *Ochrobactrum anthropi* adsorbieron cadmio (II) a 30 mg/l y cobre a 125 mg/l en 5 minutos manteniéndose constante por 2 horas (Ozdemir *et al.*, 2003).

La contaminación artificial por metales pesados, puede también tratarse mediante procedimientos de precipitación, columnas de intercambio iónico, filtración, y en caudales con bajas concentraciones de metales, donde generalmente se utilizan materiales de origen biológico inerte, como el algodón, microalgas, cáscaras de café y corcho, entre otras materias orgánicas; uno de los más utilizados es el corcho (*Quercus suber* L.,) utilizado como adsorbente triturado en partículas pequeñas de 1 – 2 mm por 3 – 4 mm, presentó buenos resultados en la remoción

de plomo (II) a partir de muestras de agua, en un sistema continuo en columna a un caudal y concentración de entrada constantes (Hierro *et al.*, 2017)

**d. Alternativas de remediación de la contaminación por nitratos en suelos y agua.**

La fitorremediación o fitocorrección, viene a ser el uso de plantas y/o árboles para descontaminar ambientes contaminados, los cuales son filtros biológicos para reducir o estabilizar metales pesados o componentes orgánicos (Weller 2000, Stern *et al.*, 2007), ésta tecnología posee bajos costos de implementación, estabilizan suelos, reducen lixiviados, entre otras. La fitoestabilización o fitorrestauración consiste en inactivar *in situ* a los contaminantes mediante la revegetación o reforestación, lográndose inmovilizar metales según su capacidad fijadora. La fitoextracción, consiste en extraer los contaminantes utilizando plantas hiperacumuladoras, así se logró reducir la contaminación de suelos con nitratos utilizados como fertilizantes químicos (Sepulveda, *et al.*, 2011).

**e. Alternativas biotecnológicas para el tratamiento de aguas residuales.**

Las biorremediación consisten en utilizar microorganismos como levaduras, hongos o bacterias, que transforman sustancias peligrosas en sustancias menos tóxicas, donde los microorganismos puede metabolizar combustibles, desechos orgánicos, residuos agrícolas, solventes hasta obtener productos inocuos como gases y agua, a continuación, los microorganismos reducen su número al agotarse su fuente de nutrientes y en poblaciones pequeñas no presentan riesgos de contaminación, estas técnicas se pueden utilizar para descontaminar suelos como aguas, para ello deben ser fisiológicamente activos, que variará según las condiciones ambientales que se les otorga y así lograr eliminar la mayor cantidad de contaminantes (Sepulveda, *et al.*, 2011).

**f. Alternativas para reducir la turbidez del agua**

En casos en que turbidez del agua evaluada superen los valores permitidos en los ECAs de agua en el Perú, Cruz *et al.*, (2017), en Tumbes, recomiendan un filtro con alta eficiencia obtenido a base de carbón activado obtenido a partir de materia orgánica como lo es la coronta de maíz adicionado con quitosano y activado con

ZnCl<sub>2</sub> sometido a 600 °C por 2 horas bajo atmósfera de nitrógeno; por otro lado, el quitosano fue agregado en condiciones húmedas, disminuyendo la turbidez en 46.9 y 68.9%, a las bacterias heterótrofas en 32.8 y 66.7%, en un tiempo de 50 minutos en un caudal de agua de 0.20 l/min.

## CONCLUSIONES

- Los parámetros fisicoquímicos de las muestras de aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches presentaron un pH entre 7.47-8.23 unidades, la dureza entre 178.33-953.33 mg/l, la conductividad eléctrica entre 216.67-1284  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , los bicarbonatos entre 56.67-240.00 mg/l, cloruros entre 21.69-500.71 mg/l, sulfatos entre 93.00-305.33 mg/l, nitratos entre 1.53-25 mg/l, arsénico entre 0.020-0.044 mg/l y plomo entre 0.044-0.089 mg/l, de los cuales los parámetros de dureza, cloruros, sulfatos, arsénico y plomo superan los valores de las normas vigentes y vendrían causando daño a los consumidores.
- Los recuentos de bacterias coliformes totales oscilaron entre 29-246.67 NMP/100 ml y las bacterias termotolerantes variaron entre 4-66.67 NMP/100 ml, ambos parámetros bacteriológicos fueron superados en 3 puntos de muestreo en las muestras de aguas superficiales y subterráneas de la C.C. Suches, y los consumidores estarían propensos a sufrir enfermedades infecciosas.
- Las alternativas de solución que se plantean para mejorar la calidad fisicoquímica, microbiológica y de contenido de metales en aguas superficiales y subterráneas son mediante el filtro con carbón activado impregnado con quitosano, para disminución de la carga bacteriana; en zonas rurales se plantea el proceso de hervido y posterior sedimentación del agua; para la disminución de metales se plantea el uso de minerales zeolíticos modificados con cisteaminio o dicloruro de cistaminio; asimismo para reducir metales se usa la electrocoagulación; el método de dos cubetas y remoción asistida por luz solar para reducir Pb y As; y finalmente las biotecnologías, la cual utiliza bacterias, hongos, mediante filtros de biopelículas, algas y plantas por fitorremediación para la reducción de metales a partir de soluciones acuosas.

## RECOMENDACIONES

- A la Municipalidad Provincial de San Román, región Puno, se recomienda que realice a la brevedad con mayor precisión, la evaluación del contenido de metales pesados en las fuentes de captación utilizadas por los habitantes de la C.C. Suches para su potabilización, ya que en la investigación se determinó que el elemento Pb y As sobrepasaba las normas ECAs; así como dar mayor rigor en el cumplimiento de la norma.
- A la comunidad científica en general relacionada a realizar investigaciones en el campo de la potabilización del agua, realizar experimentos de tecnologías, químicas o biotecnológicas para la remoción de metales, con la finalidad de ser aplicadas en las plantas de potabilización adaptadas a las condiciones del Altiplano peruano.
- A las entidades de salud relacionadas a la calidad de agua (DIGESA, EMSA, entre otros), realizar el control de calidad periódica en el agua de consumo de las localidades y ciudades, considerando las épocas y temporadas de muestreo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abad, A. (2014). *Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de cinco manantiales del distrito de Jacas Chico provincia de Yarowilca, región Huánuco*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Acosta, G., Coy, C., Bourdón, A. & Cuervo, E. (2013). La electrocoagulación como un tratamiento eficiente para la remoción de metales pesados presentes en aguas residuales. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 9(2), 306-317. Recuperado de <http://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/viewFile/389/168>
- Afan, K., & Flores, V. (2018). *Determinación por absorción atómica de plomo y arsénico en agua potable de viviendas del distrito Hualgayoc, Cajamarca – octubre 2017*. (Tesis de grado). Universidad Privada Norbert Wiener, Lima, Perú.
- Aguilera, I., Pérez, R., & Marañón, A. (2010). Determinación de sulfato por el método turbidimétrico en aguas y aguas residuales. Validación del método. *Revista Cubana de Química*, 23(3), 39–44. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/4435>
- Apaza R. & Calcina M. (2014). Contaminación natural de aguas subterráneas por arsénico en la zona de Carancas y Huata, Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 16(1), 51-58.
- APHA – AWWA – WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de agua potables y residuales*. Madrid, España: Editorial Díaz de Santos.
- Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Bogotá, Colombia: Ediciones McGraw Hill.
- Arumi, J., Núñez, J., Salgado, L. & Claret, M. (2006). Evaluación del riesgo de contaminación con nitrato de pozos de suministro de agua potable rural en Chile. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 20(6), 385-392.

- Baccaro, K., Degorgue, M., Lucca, M., Picone, L., Zamuner, E. & Andreoli, Y. (2006). Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar de Plata. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 35(3), 95-110. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/864/86435307>
- Baird C. & Cann M. (2012). *Química ambiental*. Barcelona, España: Editorial Reverté.
- Barrenechea, A. (2015). *Aspectos físico químicos de la calidad del agua*. Recuperado de: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/uno.pdf>.
- Belizario, S. (2002). *Determinación de parámetros fisicoquímicos de suelo y agua*. (Informe final de prácticas pre-profesionales). Estación Experimental Illpa-Puno. Laboratorio de análisis de suelos y aguas. Puno – Perú.
- Bergeson, L. (2002). EPA delivers on arsenic rule. *Pollute Engineering Troy*, 34(1), 32-34. Recovered from [https://www.researchgate.net/publication/295321244\\_EPA\\_delivers\\_on\\_arsenic\\_rule](https://www.researchgate.net/publication/295321244_EPA_delivers_on_arsenic_rule)
- Buchet P. & Lison D. (2000). Clues and uncertainties in the risk assessment of arsenic in the drinking water. *Food and Chemical Toxicology*, 38(1), 81-85. Recovered from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10717375>
- Calsín, K. (2016). *Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno – 2016*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Carbonell, A., Aarabi, M., Delaune, R., Gl, R & Patrick W. (1998). The influence of arsenic chemical form and concentration on *Spartina patens* and *Spartina alterniflora* Growth and tissue arsenic concentration. *Plant & Soil magazine*, 198(1), 33-43. Recovered from <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1004285625998>
- Carranza, F. (2015). *Evaluación de dos tecnologías artesanales para la remoción de plomo y arsénico en aguas para consumo humano*. (Tesis de Maestría). Universidad de El Salvador, El Salvador.
- Cava, T. & Ramos F. (2016). *Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Clair, N., Perry, L., Mccarty, M., & Gene, F. (2000). *Química para Ingeniería Ambiental*. Bogotá, Colombia: Editor McGraw Hill.

- Corey G. & Galvao L. (1989). *Plomo. Serie Vigilancia 8*. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Metepec, México: Edición OPS/OMS.
- Cruz, G., Guzmán, V., Rimaycuna, J., Alfaro, R., Cruz, J., Aguirre D., & Ubillus, E. (2017). Tratamiento complementario de agua potable utilizando un filtro de carbón activado impregnado con quistosano producidos a partir de biomasa residual. *Revista de Investigación Científica Manglar*, 12(1), 65 – 74. Recuperado de <http://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/36/37>
- Curasi, L. (2010). *Evaluación de la calidad de agua subterránea con fines de consumo doméstico de la ciudad de Puno*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Curo M. (2017). *Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno, 2016*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Cutimbo, C. (2012). *Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de Yarada y los Palos del distrito de Tacna*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
- Doria, C., Daza, A., Deluque, H., López, A. & Serna, J. (2009). *Caracterización físico-química y microbiológica de las aguas de reservorios en los resguardos indígenas localizados en la zona de influencia del Complejo Carbonífero Cerrejón, La Guarija-Colombia*. III Encuentro de Investigadores del Caribe Colombiano, realizado el 2009-05-01, en Cartagena de Indias.
- Estupiñan, S. & Ávila, S. (2010). Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca. Colombia: *Revista Nova – Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*. 8(14), 206-212. Recuperado de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/451/1102>
- Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia S. A.
- Fernández, M. & Fernández, O. (2007). Evaluación de la calidad físico-química y bacteriológica del agua subterránea en pozos criollos del municipio de Moa. *Revista de Minería y Geología*. 23(4), 1-10. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223515990003>

- Figuroa, M. (2004). *La comunicación sobre medio ambiente en Prensa Libre, dos problemas específicos, basura y agua (agosto-noviembre 2003)*. (Tesis de grado). Universidad Rafael Landívar de Guatemala, Guatemala.
- Spellman, F. & Drinan, J. (2000). *Manual de agua potable*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Fuentes, D., Disante, K., Valdecantos A., Cortina J., Vallejo R. (2007). Sensitivity of Mediterranean woody seedlings to copper, nickel and zinc. *Chemosphere magazine*, 66(3), 412-420. Recoveres from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16870229>
- Gadd, M. (2000). Bioremedial potential of microbial mechanisms of metal mobilization and immobilization. *Current Opinion magazine in Bitechology*, 11(3), 271-279. Recoveres from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958166900000951>
- Galetovic, A. & Fernicola, N. (2003). Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública. *Revista Brasileira de Ciencias Farmacéuticas*. 39(4), 365-372. Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-93322003000400003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-93322003000400003)
- Gebremedhin, T. (2002). *Remoción de metales pesados del agua por mineral zeolítico químicamente modificado mercurio como un caso particular*. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.
- Gonzales, G. (2012). *Microbiología del agua*. Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- González, O., Aguirre, J., Saugar, G., Orozco, L., Álvarez, G., Palacios, K. & Guevara, O. (2007). Diagnóstico de la calidad del agua de consumo en las comunidades del sector rural noreste del municipio de León, Nicaragua. *Revista Universitas (León)*, 1(1), 7-13. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/260159843>
- Guevara, M. (2000). *Evaluación bacteriológica de la calidad de agua de pozos para consumo humano de la localidad de Pilcuyo*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Guevara, P. & Ortiz, M. (2009). Adaptación a microescala del método potenciométrico con electrodo ión selectivo para la cuantificación de fluoruro. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 25(2), 87-94. Recuperado de <http://www.scielo.org.-mx/pdf/rica/v25n2/v25n2a3.pdf>

- Guzmán G., Ramírez E., Thalasso F., Rodríguez S., Guerrero A. & Avelar F. (2011) Evaluación de contaminantes en agua y sedimentos del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes. *Revista Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 27(1), 17-32. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v27n1/v27n1a2.pdf>
- Guzmán, G. (2011). Evaluación espacio temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(2), 89-102.
- Harris, D. (2007). *Análisis químico cuantitativo*. Barcelona, España: Editorial Reverte, S. A.
- Henry, G & Heinke, W. (1999). *Ingeniería Ambiental*. México: Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S. A.
- Hernández, A. (2001). *Depuración y desinfección de aguas residuales*. Madrid, España: Editorial Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puentes.
- Hernández J. (2012). *Evaluación de la calidad bacteriológica de agua de pozos para consumo humano del casco urbano del departamento de Chiquimula*. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Hierro A., López M. & Palet C. (2017). *Tratamiento de aguas contaminadas con plomo (II) mediante una técnica en continuo de bioadsorción en columna de corcho*. (Tesis de grado). Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España.
- Horswell, J. & Speir, T. (2006). *Arsenic phytotoxicity*. Collingwood, Australia: CSIRO Publications.
- Huaranga, F., Méndez E., Quilcat V. & Huaranga F. (2012). Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980-2010, La Libertad-Perú. *Revista Scientia Agropecuaria*, 3(3), 235-247. Recuperado en <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/86>
- Hurtado, J. (2007). *Comparación de la Calidad Bacteriológica del Agua de Pozos Artesianos y Rústicos con Agua Almacenada en las Viviendas del Caserío Nina Rumi – Loreto*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú.
- Kapoor, A., & Viraraghavan, T. (1998). Removal of heavy metal from aqueous solutions using immobilised fungal biomass in continuous mode. *Water Research*, 20(3), 1968-1970. Recovered from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004313549700417X>

- Leal, J. & Rodríguez, F. (1998). *Guía para la evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo local*. Cusco, Perú: Editorial Centro de Bartolomé de las casas.
- Lepp, N. & Dickinson, N. (1998). *Biological interactions: the role of woody plants in phytoremediation*. In Vangronsveld J. & Cunningham, S. *Metal contaminated soils: in situ inactivation and phytoremediation*. Berlín, Alemania: Editions Springer-Verlag Berlin Heidelberg an R. G. Landes Company.
- Londoño, A., Giraldo, G. & Gutiérrez, A. (2010). *Métodos analíticos para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua*. Colombia: Editorial Blanecolor Ltda. Manizales - Colombia.
- Madigan, M., Martinko, T., Dunlap, P. & Clark, D. (2009). *Brock, biología de los microorganismos*. Madrid, España: Editorial PEARSON.
- Mamani, E. (2007). Análisis físico-químico y biológico del agua para consumo humano en el distrito de Huanuara. *Revista Ciencia y desarrollo*, (11), 67-70. Recuperado de <http://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/227>
- Martín, A. V. & García, M. C. (2009). Contaminación química de aguas para consumo en la periferia urbana de la localidad de Miramar, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Electrónica de Geografía Austral Universidad Autónoma de Chile*, (1), 12-30. Recuperado en <http://revistanadir.yolasite.com/resources/12-30.pdf>
- Melgarejo, J. (2003). *Atlas de asociaciones minerales en lámina delgada*. Barcelona, España: Editorial Gramagraf, SCCL. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=VaYs2QtpE0kC&printsec=frontcover&dq>
- Meza M. (2018). *Determinación de plomo y arsénico por absorción atómica en aguas de río para consumo humano provenientes de caños y reservorio en el anexo de Huancapuquio, distrito de Chocos, Provincia de Yauyos, 2017*. (Tesis de grado). Universidad Particular Norbert Wiener, Lima, Perú.
- Fundación Nacional de Salud. (2013). *Manual práctico de análisis de agua*. Brasilia, Brasil: Editor Coordinación de Comunicación Social, Departamento de Salud Ambiental.
- Miranda, N. (2012). *Tecnología de aguas y control de calidad*. Puno, Perú: Edición Centro papelerero del norte S.A. Ed.

- Mora, D., Alfaro, N., Portuquez, C. y Peinador, M. (2000). Cálculos en las vías urinarias y su relación con el consumo de calcio en el agua de bebida en Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*. 9(17), 61-70. Recuperado de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S140914292000000200008&lng=en&rm=iso](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S140914292000000200008&lng=en&rm=iso)
- Moreno J. (2010). *Recuperación de suelos mineros contaminados con arsénico mediante fitotecnologías*. (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.
- Murray S. & Larry S. (2005). *Estadística*. México: Editorial Mc Graw Hill.
- Neira, M. (2006). *Dureza en Aguas de Consumo Humano y uso Industrial, Impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile*. (Tesis de grado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. Recuperado de [http://repositorio.uchile.cl/tesis-uchile/2006/neira\\_m/sources/neira\\_m.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis-uchile/2006/neira_m/sources/neira_m.pdf)
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Edición Organización Mundial de la Salud. Recuperado de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Estudio para el mejoramiento de la calidad de pozos en zonas rurales de Puno*. (Informe Final). Lima, Perú. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd53/puno-informe/informe.pdf>
- Orozco, C., Pérez, A., González, M., Rodríguez, F. & Alfayate, J. (2003). *Contaminación ambiental. Una visión desde la química*. Madrid, España: Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A.
- Oruna, N. (2010). *Calidad microbiológica y los principales parámetros físico-químicos del agua potable de la ciudad de Puno*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Ozdemir, G., Ozturk, T., Ceyhan, N., Isler, R., & Cosar, T. (2003). Heavy metal biosorption by biomass of *Ochrabactrum anthropi* producing exopolysaccharide in activated sludge. *Bioresources Technology Magazine*, 9(1), 71-74. Recovered from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852403000889>
- Pascual M. & Calderon V. 2000. *Microbiología alimentaria. Metodología para alimentos y bebidas*. Madrid, España: Editorial Díaz de Santos.

- Pérez E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo en la región occidental de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 29(3), 3-14. Recuperado de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n3/0379-3982-tem-29-03-00003.pdf>
- Petro, A. & Wees, T. (2014). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de municipio de Tubarco – Bolívar, Caribe Colombia*. (Tesis de grado). Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, Colombia.
- Quinteros, D. & Herrera, I. (2009). Microbiología de aguas subterráneas en la región sur del municipio de Valledupar – Cesar. (Tesis de grado). Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Colombia.
- Quispe, G. (2005). Análisis de las fuentes de agua y su conservación domiciliaria en una población de Sumampa; relación con el brote de Hepatitis A. *Revista de la Facultad de Medicina*, 6, suplemento N° 1.
- Quispe, R. (2010). Componentes físicoquímicos e indicadores bacterianos de contaminación fecal en aguas de consumo humano de la ciudad de Aplao, Valle de Majes, Arequipa. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Ramírez, E., Robles, E., Sainz, G., Ayala, R. & Campoy, E. (2009). Calidad microbiológica del acuífero de Zacatepec, Morelos, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 25(4), 247-255. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/41619904>
- Repetto M. & Repetto G. (2009). *Toxicología fundamental*. España: Editorial Díaz Santos.
- Robles, E., Ramírez, E., Duran, A., Martínez, M. & Gonzales, M. (2013). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo-Axochiapan, Morelos, México. *Revista Avances en Ciencias e Ingeniería* 4(1),19-28. Recuperado de [file:///C:/Users/hp/Downloads/art%C3%ADculo\\_redalyc\\_323627689002.pdf](file:///C:/Users/hp/Downloads/art%C3%ADculo_redalyc_323627689002.pdf)
- Rodríguez J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto (ASADAS) de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre del 2008. *Revista Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica*, 9(12), 125-134. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/2842>
- Romero J. (2000). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

- Romero J. (2009). *Calidad del agua*. Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ryan, K. (2011). *Sherris: Microbiología médica*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores S. A.
- Salazar, M. (2015). *Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua, en el sistema de abastecimiento para consumo humano, en la ciudad de Juliaca – 2014*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Sánchez, A. (2005). *Proceso de análisis de aguas subterráneas del municipio de Mixco, para el abastecimiento de agua potable*. (Tesis de grado). Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
- Sepúlveda, A., González, E., & Inostroza, C. (2011). Remediación de la contaminación por nitratos en el suelo: antecedentes generales y pertinencia en zona sur de Chile. *Revista Gestión ambiental* 21: 13-32. Recuperado en <http://repositoriodigital.uct.cl/handle/10925/531>
- Sierra, R. (2011). *Calidad de agua: evaluación y diagnóstico*. Bogotá, Colombia: Editorial Universidad de Medellín.
- Simanca, M., Álvarez, B. & Paternina, R. (2010). Calidad física, química y bacteriológica del agua envasada en el Municipio de Montería. *Revista Temas Agrarios*, 15(1), 71-83. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/277264419>
- Soto Y. (2013). *Calidad bacteriológica de agua de pozo y agua potable utilizada en los mercados de la ciudad de Puno – 2012*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Tapia, L. (2002). *Calidad de vida en cuatro zonas del Municipio de Potosí*. La Paz, Bolivia: Edición Fundación PIEB.
- Tchamango, S., Nanseu, C., Ngameni, E., Hadjiev, D., & Darchen, A. (2010). Treatment of dairy effluents by electrocoagulation using aluminium electrodes. *Science of the total environment*, 408(4), 947-952. Recovered from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19900696>
- Tortora, G., Funke, B. & Case, L. (2007). *Introducción a la microbiología*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana.
- UCN (21 de agosto de 2018). Dureza del agua y sus repercusiones en la salud. *Noticias UCN al día*. Recuperado de [www.noticias.ucn.cl/columnistaas/dureza-del-agua-y-repercusiones-en-la-salud](http://www.noticias.ucn.cl/columnistaas/dureza-del-agua-y-repercusiones-en-la-salud)

- Universidad Nacional Agraria La Molina. (1999). *Investigación y monitoreo de los ríos Carabaya - Ramis y Cabanillas y del lago Titicaca*. (Informe de Investigación y Monitoreo). Lima, Perú: Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd08/-carabaya.pdf>
- Vargas L., Martínez M., Ortiz R. & López. J. (2007). Efecto de metales pesados sobre el crecimiento de la raíz primaria de *Arabodopsis thaliana* L. *Revista Ciencia Nicolaita*, 49, 101-111. Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/read/32204378>
- Verbruggen, N., Hermans, Ch. & Schat, H. (2009). Mechanisms to cope with arsenic or cadmium excess in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 12(3), 364-372. Recovered from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19501016>
- Vilca, C. (2011). *Calidad Bacteriológica y Físico – química del agua de consumo humano en la localidad de Vilque*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Vilchez, R. (2005). *Eliminación de metales pesados de aguas subterráneas mediante sistemas de lechos sumergidos*. (Tesis Doctoral). Universidad de Granada, España.
- Vinelli R. (2012). *Estudio analítico de nitratos en aguas subterráneas en el distrito San Pedro de Lloc*. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Vitoria I., Maraver F., Sánchez F. & Armijo F. (2015). Contenido de nitratos de aguas de consumo público españolas. *Revista Gaceta Sanitaria*, 29(3), 217-220. Recuperado de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S02139111201500030-0011](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S02139111201500030-0011)
- Walsh, L. & Keeney, D. (1975). Behaviour and phytotoxicity of inorganics arsenicals in soil. In *ACS American Chemical Society*, 7(168), 35-52. Recuperado en <https://www.sid.ir/En/Journal/ViewPaper.aspx?ID=328876>
- Wilson, D., Fernández, A. & Zayas, Y. (2007). Desarrollo y validación de un método de valoración anemométrica para la determinación del ion sulfato en muestras de aguas naturales y residuales. *Revista Cubana Química*, 19(2), 28-33. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543707003.pdf>
- Woolson, E. (1973). Arsenic phytotoxicity and uptake in six vegetable crops. *Weeds Science*, 21(6), 524 - 527. Recuperado en <https://www.jstor.org/stable/4042205>



**ANEXOS**

**Anexo 1. Panel fotográfico**



*Figura 24. Toma de muestra de agua en el punto de muestreo P1-BQQ*



*Figura 25. Toma de muestra de agua en el punto de muestreo P2-JBQY*



*Figura 26. Toma de muestra de agua en el punto de muestreo P3-SAQQ*



Figura 27. Toma de muestra de agua en el punto de muestreo P4-QQQ



Figura 28. Kit para la determinación de nitratos en muestras de agua.



Figura 29. Titulometría para dureza, cloruros, entre otros en muestra de agua.

**Anexo 2.** Análisis de varianza y prueba de Tukey para los valores de pH en las muestras de agua.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH	18	0.76	0.66	2.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.35	5	0.27	7.72	0.0019
ZONA DE MUESTREO	1.35	5	0.27	7.72	0.0019
Error	0.42	12	0.04		
Total	1.77	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.51308

Error: 0.0350 gl: 12

ZONA DE MUESTREO	Medias	n	E.E.
P2-JBQV	8.23	3	0.11 A
P1-BQQ	8.13	3	0.11 A B
R2-CP	8.03	3	0.11 A B
P4-QQQ	7.73	3	0.11 A B C
P3-SAQQ	7.67	3	0.11 B C
R1-CS	7.47	3	0.11 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 3.** Análisis de varianza y prueba de Tukey para los valores de dureza en las muestras de agua.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DUREZA	18	0.99	0.99	6.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1196312.67	5	239262.53	375.74	<0.0001
ZONA DE MUESTREO	1196312.67	5	239262.53	375.74	<0.0001
Error	7641.33	12	636.78		
Total	1203954.00	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=69.20669

Error: 636.7778 gl: 12

ZONA DE MUESTREO	Medias	n	E.E.
P4-QQQ	953.33	3	14.57 A
R2-CP	307.67	3	14.57 B
P2-JBQV	299.00	3	14.57 B
P3-SAQQ	288.33	3	14.57 B
R1-CS	283.33	3	14.57 B
P1-BQQ	178.33	3	14.57 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 4.** Análisis de varianza y prueba de Tukey para los valores de dureza en las muestras de agua.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CONDUCTIVIDAD	18	1.00	1.00	2.45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2236953.78	5	447390.76	1448.13	<0.0001
ZONA DE MUESTREO	2236953.78	5	447390.76	1448.13	<0.0001
Error	3707.33	12	308.94		
Total	2240661.11	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=48.20525

Error: 308.9444 gl: 12

ZONA DE MUESTREO	Medias	n	E.E.
P4-QQQ	1284.00	3	10.15 A
R2-CP	907.67	3	10.15 B
R1-CS	901.67	3	10.15 B
P3-SAQQ	573.33	3	10.15 C
P2-JBQV	429.33	3	10.15 D
P1-BQQ	216.67	3	10.15 E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 5.** Análisis de varianza y prueba de Tukey para los contenidos de bicarbonatos en las muestras de agua.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
BICARBONATOS	18	0.99	0.98	7.03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	72227.78	5	14445.56	216.68	<0.0001
ZONA DE MUESTREO	72227.78	5	14445.56	216.68	<0.0001
Error	800.00	12	66.67		
Total	73027.78	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=22.39281

Error: 66.6667 gl: 12

ZONA DE MUESTREO	Medias	n	E.E.
P4-QQQ	240.00	3	4.71 A
P3-SAQQ	150.00	3	4.71 B
P2-JBQV	106.67	3	4.71 C
P1-BQQ	73.33	3	4.71 D
R2-CP	70.00	3	4.71 D
R1-CS	56.67	3	4.71 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 6.** Análisis de varianza y prueba de Tukey para los contenidos de cloruros en las muestras de agua.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CLORUROS	18	0.99	0.99	6.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	615928.69	5	123185.74	430.89	<0.0001
ZONA DE MUESTREO	615928.69	5	123185.74	430.89	<0.0001
Error	3430.60	12	285.88		
Total	619359.29	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=46.37125

Error: 285.8837 gl: 12

ZONA DE MUESTREO	Medias	n	E.E.
R1-CS	500.71	3	9.76 A
R2-CP	409.68	3	9.76 B
P4-QQQ	380.97	3	9.76 B
P3-SAQQ	142.63	3	9.76 C
P2-JBQV	59.76	3	9.76 D
P1-BQQ	21.69	3	9.76 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 7.** Análisis de varianza y prueba de Tukey para los contenidos de sulfatos en las muestras de agua.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
SULFATOS	18	0.83	0.76	21.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	105903.17	5	21180.63	11.82	0.0003
ZONA DE MUESTREO	105903.17	5	21180.63	11.82	0.0003
Error	21495.33	12	1791.28		
Total	127398.50	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=116.07418

Error: 1791.2778 gl: 12

ZONA DE MUESTREO	Medias	n	E.E.
R2-CP	305.33	3	24.44 A
R1-CS	256.33	3	24.44 A
P2-JBQV	239.33	3	24.44 A
P4-QQQ	200.67	3	24.44 A B
P1-BQQ	110.33	3	24.44 B
P3-SAQQ	93.00	3	24.44 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 8.** Análisis de varianza y prueba de Tukey para los contenidos de nitratos en las muestras de agua.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
NITRATOS	18	0.99	0.98	18.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1294.26	5	258.85	190.49	<0.0001
ZONAS DE MUESTREO	1294.26	5	258.85	190.49	<0.0001
Error	16.31	12	1.36		
Total	1310.57	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.19703

Error: 1.3589 gl: 12

ZONAS DE MUESTREO	Medias	n	E.E.	
P4-QQQ	25.00	3	0.67	A
R2-CP	4.93	3	0.67	B
R1-CS	2.30	3	0.67	B C
P3-SAQQ	1.97	3	0.67	B C
P1-BQQ	1.57	3	0.67	C
P2-JBQV	1.53	3	0.67	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 9.** Análisis de varianza y prueba de Tukey para los contenidos de arsénico en las muestras de agua.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ARSÉNICO	18	0.31	0.03	52.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.5E-03	5	3.0E-04	1.09	0.4134
ZONA DE MUESTREO	1.5E-03	5	3.0E-04	1.09	0.4134
Error	3.3E-03	12	2.8E-04		
Total	4.9E-03	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04571

Error: 0.0003 gl: 12

ZONA DE MUESTREO	Medias	n	E.E.	
R1-CS	0.04	3	0.01	A
P4-QQQ	0.04	3	0.01	A
R2-CP	0.04	3	0.01	A
P3-SAQQ	0.03	3	0.01	A
P1-BQQ	0.02	3	0.01	A
P2-JBQV	0.02	3	0.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 10.** Análisis de varianza y prueba de Tukey para los contenidos de plomo en las muestras de agua.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PLOMO	18	0.21	0.00	61.54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	5	1.0E-03	0.63	0.6799
ZONA DE MUESTREO	0.01	5	1.0E-03	0.63	0.6799
Error	0.02	12	1.6E-03		
Total	0.02	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.10970

Error: 0.0016 gl: 12

ZONA DE MUESTREO	Medias	n	E.E.	
R1-CS	0.09	3	0.02	A
R2-CP	0.07	3	0.02	A
P4-QQQ	0.07	3	0.02	A
P3-SAQQ	0.06	3	0.02	A
P2-JBQV	0.05	3	0.02	A
P1-BQQ	0.05	3	0.02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 11.** Análisis de varianza y prueba de Tukey para los recuentos de coliformes totales en las muestras de agua.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CT	18	0.91	0.88	28.27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	103019.33	5	20603.87	25.61	<0.0001
ZONA DE MUESTREO	103019.33	5	20603.87	25.61	<0.0001
Error	9652.67	12	804.39		
Total	112672.00	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=77.78345

Error: 804.3889 gl: 12

ZONA DE MUESTREO	Medias	n	E.E.
R1-CS	246.67	3	16.37 A
R2-CP	124.33	3	16.37 B
P4-QQQ	118.33	3	16.37 B
P3-SAQQ	48.67	3	16.37 B C
P2-JBQV	35.00	3	16.37 C
P1-BQQ	29.00	3	16.37 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 12.** Análisis de varianza y prueba de Tukey para los recuentos de coliformes termotolerantes en las muestras de agua.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CTI	18	0.97	0.96	26.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	154607.78	5	30921.56	88.26	<0.0001
ZONA DE MUESTREO	154607.78	5	30921.56	88.26	<0.0001
Error	4204.00	12	350.33		
Total	158811.78	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=51.33279

Error: 350.3333 gl: 12

ZONA DE MUESTREO	Medias	n	E.E.
R1-CS	246.67	3	10.81 A
R2-CP	143.33	3	10.81 B
P4-QQQ	19.67	3	10.81 C
P2-JBQV	7.00	3	10.81 C
P3-SAQQ	6.00	3	10.81 C
P1-BQQ	4.00	3	10.81 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## Anexo 13. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)

10

NORMAS LEGALES

Miércoles 7 de junio de 2017 /  El Peruano

### 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 lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

**b) Subcategoría E2: Ríos**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, 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.

Precísese 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 geotermales, 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
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
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 <sub>5</sub> )	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 <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) (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	**
<b>INORGÁNICOS</b>				
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
<b>ORGÁNICOS</b>				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C <sub>3</sub> - C <sub>10</sub> )	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos ( e )		1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>				
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	**
<b>BTEX</b>				
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	**
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
<b>Organofosforados</b>				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
<b>Organoclorados</b>				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
<b>II. CIANOTOXINAS</b>				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
<b>III. BIFENILOS POLICLORADOS</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>				
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 <sup>6</sup>	<5x10 <sup>6</sup>

(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 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos-N (NO<sub>2</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 3.28 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>).

(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:

$$\frac{C_{\text{cloroformo}}}{E_{\text{CAcloroformo}}} + \frac{C_{\text{dibromoclorometano}}}{E_{\text{CADibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{bromodichlorometano}}}{E_{\text{CABromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{bromoformo}}}{E_{\text{CABromoformo}}} \leq 1$$

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
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>			
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 <sub>5</sub> )	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 <sub>3</sub> -N)	mg/L	10	**
Nitritos (NO <sub>2</sub> -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	**
<b>INORGÁNICOS</b>			
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	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>			
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.

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>					
Aceites y Grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (c)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>					
Amoniaco Total (NH <sub>3</sub> )	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
<b>ORGÁNICO</b>					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
<b>Bifenilos Policlorados</b>					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
<b>ORGANOLÉPTICO</b>					
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
<b>MICROBIOLÓGICO</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 14 (área aprobada) (d)	≤ 30	1 000	200
	NMP/100 ml	≤ 88 (área restringida) (d)			

(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 (NO<sub>3</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO<sub>3</sub>).

(d) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

**Área Restringida:** Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 3:**

- 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.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoniaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH<sub>3</sub>).

**Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoniac Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH<sub>3</sub>)**

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

**Nota:**

(\*)El estándar de calidad de Amoniac total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(\*\*)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniac-N (NH<sub>3</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoniac (NH<sub>3</sub>).

**Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
<b>ORGÁNICO</b>				
<b>Bifenilos Policlorados</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	µg/L	35		35
<b>Organoclorados</b>				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	µg/L	1		11
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminfos	Huevo/L	1	1	**

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

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 4:**

- 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.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH <sub>3</sub> )	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
<b>INORGÁNICOS</b>						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles</b>						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
<b>BTEX</b>						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Bifenilos Policlorados</b>						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
<b>PLAGUICIDAS</b>						
<b>Organofosforados</b>						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
<b>Organoclorados</b>						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000019	0,000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000087	0,000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,000023	0,000023
Heptacloro	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000036	0,000036

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000036	0,000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Carbamato</b>						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(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 ( $\text{NO}_3^-$ -N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ).

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 5:**

- 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.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de  $\text{NH}_3$ ) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

(2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de  $\text{NH}_3$ ).

**Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de  $\text{NH}_3$ )**

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
<b>Salinidad 10 g/kg</b>								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,60	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,80	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
<b>Salinidad 20 g/kg</b>								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,60	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
<b>Salinidad 30 g/kg</b>								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	3,10	1,80	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

**Notas:**

(\*)El estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(\*\*)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N ( $\text{NH}_3$ -N), multiplicar el resultado por el factor 1.22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco ( $\text{NH}_3$ ).

**NOTA GENERAL:**

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1529835-2

Anexo 14. Resultados de laboratorio en metales pesados



RH-22-018

INFORME DE ENSAYO

<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
A SOLICITUD DE	Ing. Mery Maribel Mamani Aguilar
ASUNTO	Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra
CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA	
CANTIDAD DE MUESTRAS	06
COORDENADAS DE MUESTREO	
MUESTREO POR	El Cliente
SOLICITUD DE ENSAYO	Análisis Químico elemento Plomo (Pb), Arsénico (As)
RECEPCION DE MUESTRAS	Botellas de vidrio, debidamente conservadas y refrigeradas
FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO	09/10/2018 al 10/10/2018
<b>DETALLE DEL INFORME</b>	

RESULTADO DE ENSAYO

N°	N° RH	Código de Cliente	Pb	As
			ppm	ppm
1	RH-M20-302	P1-BQQ	0.008	0.003
2	RH-M20-303	P2-JBQY	0.004	0.002
3	RH-M20-304	P3-SAQQ	0.050	0.028
4	RH-M20-305	P4-QQQ	0.047	0.036
5	RH-M20-306	R1-CS	0.065	0.043
6	RH-M20-307	R2-CP	0.038	0.025

Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

METODOS DE REFERENCIA

- \* Determinación Analítica de Plomo (Pb) en agua - Método Absorción Atómica
- \* Determinación Analítica de Arsénico (As) en agua - Método Absorción Atómica

Fidel Huaynapata Luque  
CIP 187755  
GERENTE DE OPERACIONES

Av Martires del 4 de Noviembre N° 2414 (Salida Puno - Frente a Covisur)  
Cel: 978645480 - 935008140



RH-22-250

## INFORME DE ENSAYO

### DATOS DEL CLIENTE

A SOLICITUD DE : Ing. Mery Maribel Mamani Aguilar

ASUNTO : Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra

CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA

CANTIDAD DE MUESTRAS : 06

COORDENADAS DE MUESTREO :

MUESTREO POR : El Cliente

SOLICITUD DE ENSAYO : Análisis Químico elemento Plomo (Pb), Arsénico (As)

RECEPCION DE MUESTRAS : Botellas de vidrio, debidamente conservadas y refrigeradas

FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO : 17/11/2018 al 26/11/2018

DETALLE DEL INFORME

### RESULTADO DE ENSAYO

N°	N° RH	Código de Cliente	Pb	As
			mg/lt	mg/lt
1	RH-M20-422	R1-CS	0.080	0.038
2	RH-M20-423	R2-CP	0.074	0.030
3	RH-M20-424	P3-SAQQ	0.070	0.028
4	RH-M20-425	P4-QQQ	0.050	0.023
5	RH-M20-426	P1-BQQ	0.068	0.030
6	RH-M20-427	P2-JBQY	0.042	0.023

Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

### METODOS DE REFERENCIA

- \* Determinación Analítica de Plomo (Pb) en agua - Método Absorción Atómica
- \* Determinación Analítica de Arsénico (As) en agua - Método Absorción Atómica

Ing. Mery Maribel Mamani Aguilar  
CIP 167755  
GERENTE DE OPERACIONES

Av Martires del 4 de Noviembre N° 2414 (Salida Puno - Frente a Covisur)

Cel: 978645480 - 935008140



RH-25-145

## INFORME DE ENSAYO

### DATOS DEL CLIENTE

A SOLICITUD DE	:	Ing. Mery Maribel Mamani Aguilar
ASUNTO	:	Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra
CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA		
CANTIDAD DE MUESTRAS	:	06
COORDENADAS DE MUESTREO	:	
MUESTREO POR	:	El Cliente
SOLICITUD DE ENSAYO	:	Análisis Químico elemento Plomo (Pb), Arsénico (As)
RECEPCION DE MUESTRAS	:	Botellas de vidrio, debidamente conservadas y refrigeradas
FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO	:	11/12/2018 al 21/12/2018
DETALLE DEL INFORME		

### RESULTADO DE ENSAYO

N°	N° RH	Código de Cliente	Pb	As
			ppm	mg/lt
1	RH-M20-565	P1-BQQ	0.045	0.025
2	RH-M20-566	P2-JBQY	0.070	0.032
3	RH-M20-567	P3-SAQQ	0.045	0.030
4	RH-M20-568	P4-QQQ	0.115	0.055
5	RH-M20-569	R1-CS	0.135	0.058
6	RH-M20-570	R2-CP	0.136	0.058

Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

### MÉTODOS DE REFERENCIA

- \* Determinación Analítica de Plomo (Pb) en agua - Método Absorción Atómica
- \* Determinación Analítica de Arsénico (As) en agua - Método Absorción Atómica

Gerente de Operaciones  
CIP 167755

Av Martires del 4 de Noviembre N° 2414 (Salida Puno - Frente a Covisur)  
Cel: 978645480 - 935008140