



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y
CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL RÍO COATA - REGIÓN**

PUNO 2015

PRESENTADA POR

BACH. WILFREDO MARCELINO MENENDEZ COAQUIRA

ASESOR

DR. ROBINSON BERNARDINO ALMANZA CABE

**PARA OPTAR GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS
CON MENCIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

MOQUEGUA – PERÚ

2018

ÍNDICE DE CONTENIDO

pág.

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2. Definición del problema.....	3
1.3. Objetivos de la investigación	4
1.4. Justificación e importancia de la investigación	5
1.5. Variables	5
1.6. Hipótesis de la investigación.....	7
CAPITULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes de la investigación	8
2.1.1. A nivel internacional	8
2.1.2. A nivel regional y local	10
2.2. Bases teóricas	13
2.2.1. El agua	13
2.2.1.1. Propiedades del agua	16
2.2.1.1.1. Propiedades físicas:.....	16
2.2.1.1.2. Propiedades químicas:	17
2.2.2. Características de la calidad del agua	18
2.2.2.1. Calidad bacteriológica y química del agua.....	20
2.2.2.2. Seguridad del agua	21
2.2.3. Aspectos generales del río Coata	23
2.2.4. Tipos de fuentes de agua	27

2.2.5. Clasificación de aguas superficiales	27
2.2.6. Características de las aguas superficiales	29
2.2.7. Características organolépticas del agua.....	30
2.2.7.1. Color	30
2.2.7.2. Olor	31
2.2.7.3. Sabor	31
2.2.8. Características físicas del agua.....	31
2.2.8.1. Temperatura	31
2.2.8.2. Conductividad eléctrica	32
2.2.8.3. Sólidos disueltos totales	32
2.2.9. Características químicas del agua	33
2.2.9.1. El pH	33
2.2.9.2. Alcalinidad:.....	34
2.2.9.3. Demanda química de oxígeno	34
2.2.9.4. Nitritos y Nitratos	35
2.2.9.5. Oxígeno disuelto.....	36
2.2.9.6. Plata	36
2.2.9.7. Plomo	36
2.2.9.8. Sulfato	37
2.2.9.9. Otros elementos.....	37
2.2.10. Microbiología del agua.....	37
2.2.11. Contaminación de aguas superficiales	41
2.2.12. Agentes patógenos transmitidos por el agua	41
2.2.13. Métodos de análisis bacteriológicos del agua	43
2.3. Marco conceptual.....	44
CAPÍTULO III.....	51
MÉTODO	51
3.1. Tipo de investigación	51
3.2. Diseño de investigación	51
3.3. Población y muestra	52
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	55
CAPITULO IV	67
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	67

4.1	Presentación de resultados por variables	67
4.1.1.	Presentación de resultados de parámetros físicos	67
4.1.2.	Parámetros Químicos: pH, sulfatos, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno, en aguas del río Coata zonas A, B y C.....	72
4.1.3.	Contenido bacteriológico de coliformes totales, fecales y termo tolerantes, en aguas del río Coata zonas A, B y C.....	78
4.2.	Discusión de resultados.....	82
	CAPÍTULO V.....	90
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
5.1.	Conclusiones	90
5.2.	Recomendaciones.....	92
	BIBLIOGRAFÍA.....	93
	ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables.....	6
Tabla 2	Muestras zonas A, B y C.....	53
Tabla 3	Temperatura (°C) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	68
Tabla 4	Conductividad eléctrica (µS/cm) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	70
Tabla 5	Sólidos disueltos totales (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	71
Tabla 6	Potencial de hidrogeniones (pH) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	73
Tabla 7	Sulfatos (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la Región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	74
Tabla 8	Nitratos (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	76
Tabla 9	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)....	77
Tabla 10	Coliformes totales (NMP/100ml) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	79
Tabla 11	Coliformes fecales (NMP/100ml) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	80
Tabla 12	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de ubicación con las tres zonas de muestreo (A, B y C).	54
Figura 2	Temperatura (°C) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la Región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	69
Figura 3	Conductividad eléctrica (μS/cm) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	70
Figura 4	Sólidos disueltos totales (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	72
Figura 5	Potencial de hidrogeniones (pH) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	73
Figura 6	Sulfatos (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	75
Figura 7	Nitratos (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	76
Figura 8	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	78
Figura 9	Coliformes totales (NMP/100ml) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).	79
Figura 10	Coliformes fecales (NMP/100ml) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).	81
Figura 11	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016).....	82

RESUMEN

La investigación se realizó en el río Coata; zonas A, B y C, en la provincia de Puno y San Román, región Puno, en los meses de diciembre 2015 a febrero 2016; por lo tanto, los objetivos fueron: Determinar los parámetros físicos: (temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales) y químicos: (pH, demanda bioquímica de oxígeno, sulfatos y nitratos del río Coata), determinar el contenido bacteriológico de coliformes totales, fecales y termotolerantes. El análisis de aguas se realizó siguiendo los métodos APHA, CEPIS. Los resultados fueron: en la zona A en promedio: pH 7,51; temperatura 12,94 °C; conductividad eléctrica 1120 $\mu\text{S}/\text{cm}$; sólidos disueltos totales 553 mg/L; sulfatos 73,46 mg/L; nitratos 0,09 mg/L; y demanda bioquímica de oxígeno 30,56 mg/L; coliformes totales 7240 NMP/100 ml; coliformes fecales 48 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes 0 NMP/100 ml. En la zona B fueron; pH de 7,48; temperatura 12,60 °C; conductividad eléctrica 1112 $\mu\text{S}/\text{cm}$; sólidos disueltos totales 553,80 mg/L; sulfatos 75,61 mg/L; nitratos 0,13 mg/L; y demanda bioquímica de oxígeno 30,92 mg/L; coliformes totales 9720 NMP/100 ml; coliformes fecales 574 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes 26.83 NMP/100 ml. En la zona C fueron; pH 7,53; temperatura 12,34 °C; conductividad eléctrica 1118 $\mu\text{S}/\text{cm}$; sólidos disueltos totales 562 mg/L; sulfatos 75,48 mg/L; nitratos 0,10 mg/L; y demanda bioquímica de oxígeno 21,37 mg/L; coliformes totales 7140 NMP/100 ml; coliformes fecales 88 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes 13.42 NMP/100 ml. Se determinó que existe diferencia en la concentración de nitratos, para la zona B, y los parámetros que superaron los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua fueron: demanda bioquímica de oxígeno y para los parámetros bacteriológicos fueron los coliformes totales.

Palabras clave: Parámetros físicos, Parámetros químicos, río Coata.

ABSTRACT

The investigation was carried out in the Coata river basin; zones A, B and C, in the province of Puno and San Román, Puno region, from December 2015 to January 2016; therefore, the objectives were: determine the levels of physical parameters: (temperature, electrical conductivity, total dissolved solids) and chemicals: (pH, biochemical oxygen demand, sulfates and nitrates of the Coata River), determine the bacteriological content of total, fecal coliforms and thermotolerant. The water analysis was carried out following the APHA, CEPIS methods. The results were: in zone A on average: pH 7,51; temperature 12.94 ° C; electrical conductivity 1120 $\mu\text{s} / \text{cm}$; total dissolved solids 553 mg / l; sulfates 73.46 mg / l; nitrates 0.09 mg / l; and biochemical oxygen demand 30,56 mg / l; total coliforms 7240 NMP / 100 ml; fecal coliforms 48 NMP / 100 ml; thermotolerant coliforms 0 NMP / 100 ml. In zone B they were; pH of 7.48; temperature 12.60 ° C; electrical conductivity 1112 $\mu\text{s} / \text{cm}$; total dissolved solids 553.80 mg / l; sulfates 75,61 mg / l; nitrates 0.13 mg / l; and biochemical oxygen demand 30,92 mg / l; total coliforms 9720 NMP / 100 ml; fecal coliforms 574 NMP / 100 ml; thermotolerant coliforms 26.83 NMP / 100 ml. In zone C they were; pH 7.53; temperature 12.34 ° C; electrical conductivity 1118 $\mu\text{s} / \text{cm}$; total dissolved solids 562 mg / l; sulfates 75.48 mg / l; nitrates 0.10 mg / l; and biochemical oxygen demand 21,37 mg / l; total coliforms 7140 NMP / 100 ml; fecal coliforms 88 NMP / 100 ml; thermotolerant coliforms 13.42 NMP / 100 ml. It was determined that there is a difference in the concentration of nitrates, for zone B, and the parameters that exceeded the environment standards were: biochemical oxygen demand and for bacteriological parameters were the total coliforms.

Keywords: physical parameters, chemical parameters, río Coata.

INTRODUCCIÓN

En el País existe escases y falta de abastecimiento de agua potable para el consumo humano, así en las zonas rurales los pobladores se ven obligados a la utilización de aguas de fuentes naturales sin tratamiento como lagos, ríos, manantiales y pozos.

En el medio rural, como en el distrito de Coata – Puno, los pobladores del área rural carecen de agua potable, la necesidad del líquido vital, hace que utilicen agua de río para la agricultura, ganadería, diversas actividades productivas, uso doméstico y consumo humano, en las zonas aledañas al río Coata, existen pequeñas poblaciones, y centros poblados aledaños los cuales son alrededor de 8,185 pobladores, incluyéndose el pueblo de Coata. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017). Esta cifra se ha incrementado, por crecimiento demográfico.

El estudio ha permitido conocer los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del río Coata, evaluando los parámetros considerados en el presente estudio del río Coata, mediante el reporte de los promedios de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.

El trabajo de investigación, emite resultados importantes sobre los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, del agua del río Coata zona A, B y C, de la región Puno y aporta valores actualizados, que servirá de guía a las autoridades en la toma de decisiones, como la Municipalidad Distrital de Coata, Dirección Regional de Salud Puno, Autoridad Nacional del Agua, para implementar el abastecimiento de agua potable y capacitar a los pobladores para un manejo adecuado del agua para el consumo humano.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática

Se denota la problemática social y crisis ambiental por la propia conducta del ser humano, así también, el agua es un recurso vital para el ser humano, y el acceso a este elemento es un derecho para la humanidad, también es un recurso natural fundamental para la vida y es el principal componente para los seres vivos, contribuye a mantener la vida. El recurso agua es necesario para todo ser biótico existente en el globo terráqueo, como también para el consumo de la población en las urbes como en las zonas rurales.

El agua como recurso hídrico tiene gran valor para la población, ya que la contaminación de los ríos es una problemática más antigua que la contaminación ambiental, esta problemática es a nivel mundial, nacional, y regional, y no escapa a esta situación las aguas del río Coata, que se encuentra en una contaminación aparente que es provocada por la propia mano del hombre. En palabras de la Organización Mundial de Salud (OMS, 2006) indica que la escasez del recurso hídrico ocasionará un fenómeno social, que superará al consumismo de la globalización, el peligro que se producirá será una crisis del agua, generando problemas y/o discusiones sociales, sectoriales, regionales y transfronterizos.

Este recurso hídrico a nivel mundial tiene en agua dulce un 2,5 a 2,75 %, incluyendo 1,75 - 2 % congelado en glaciares, hielo y nieve, 0,7 - 0,8 % en aguas subterráneas dulces, y en la humedad del suelo, y menos de 0,01 % del total es agua superficial encontrado en lagos, pantanos y ríos (OMS, 2006).

Por esta situación se considera que, a nivel nacional, según la Comisión Nacional Preparatoria V foro Mundial del Agua (2009) señala que la disposición es de 2 046 *km*³ de agua superficial, del cual el 97,7% se localiza en la vertiente del Atlántico que ocupa el 75,6% del territorio nacional. Así mismo, se indica que el 1,8% de la disponibilidad hídrica se localiza en la vertiente del Pacífico que ocupa el 21,8%, también el 0,5% restante de las disponibilidades del agua superficial se encuentran en la vertiente del Titicaca. De esta forma en la Comisión Preparatoria para el VII Foro Mundial del Agua (2015) dice al respecto que el Perú se encuentran en el octavo lugar con una mayor disponibilidad de agua, el 98% de la producción del agua se localiza en la amazónica peruana, y apenas el 1,8% en la Región Hidrográfica del Pacífico; sin embargo, la problemática del agua se debe a una inadecuada administración que las instituciones realizan para su conservación.

En la idea Comisión Nacional Preparatoria V foro Mundial del Agua (2009) sostiene en proyecciones que para el 2025, la población tendrá un crecimiento en 30% por lo que si se conserva la misma proporción de la población en las vertientes del Pacífico, Atlántico y Titicaca, provocará que las poblaciones desplieguen un interés fuerte sobre el agua ocasionando molestias en la explotación de las cuencas y acuíferos que será difícil de resolver por la propia necesidad de los habitantes.

Se han establecido ciertos planes para el bicentenario de nuestro país, por lo que, el Ministerio del Ambiente (2011) elaboro el Plan Nacional de Acción

Ambiental que tiene la función de mitigar ciertas amenazas del ambiente, en el diagnóstico se considera que el recurso hídrico está distribuido en 159 unidades hidrográficas, del cual el 30% de las cuencas hidrográficas se ubica en zonas áridas, semiáridas y sub-húmedas secas, sometidas a diversos factores que pueden ser el clima y el que hacer del hombre. En la acción estratégica se propone el tratamiento y reusó de las aguas del 2012 al 2021. En el que para el año 2017 el 50% de aguas residuales urbanas son tratadas y el 30% de estas son reusadas y para el 2021 se tiene que el 100% de aguas residuales son tratadas y el 50% de estas son reusadas. En cambio, en zonas rurales se tiene el 30% de aguas residuales son tratadas y reusadas. Con respecto al 2017 que señala el Plan no se está cumpliendo, sin duda existen planes que se redactaron con un populismo político.

En el País existe escases y falta de abastecimiento de agua potable para el consumo humano, así en las zonas rurales los pobladores se ven obligados a la utilización de aguas de fuentes naturales sin tratamiento como lagos, ríos, manantiales y pozos.

En el medio rural, como el Distrito de Coata – Puno, los pobladores del área rural carecen de agua potable, la necesidad del líquido vital, hace que utilicen agua de rio para la agricultura, ganadería, diversas actividades productivas, uso doméstico y consumo humano.

1.2. Definición del problema

1.2.1. Problema general:

¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos y su calidad bacteriológica del agua en el río Coata?

1.2.2. Problemas específicos:

¿Cuáles serán los valores de los parámetros físicos; temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, del agua del río Coata (zonas A, B y C)?

¿Cuáles serán los valores de los parámetros químicos; pH, demanda bioquímica de oxígeno, sulfatos y nitratos del agua del río Coata (zonas A, B y C)?

¿Cuáles serán los valores de los parámetros bacteriológicos; coliformes totales y termotolerantes en las aguas del río Coata (zonas A, B y C)?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general:

Evaluar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Coata en tres zonas (A, B, C).

1.3.2. Objetivos específicos:

Evaluar los parámetros físicos: temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales en el agua del río Coata (zonas A, B y C).

Evaluar los parámetros químicos: pH, demanda bioquímica de oxígeno, sulfatos y nitratos en el agua del río Coata (zonas A, B y C).

Evaluar los parámetros bacteriológicos: coliformes totales y termotolerantes del agua del río Coata (zonas A, B y C).

1.4. Justificación e importancia de la investigación

Justificación

Desde el punto de vista teórico, esta investigación generara discusión, reflexión como también nuevos conocimientos, indicando el porqué de la investigación en el tema de calidad de agua para la ingesta, además se confrontaran teorías sobre esta posible contaminación que se está generando en el río Coata, que por lo general llevara a hacer epistemología sobre el conocimiento existente, seguidamente esta investigación pondrá en manifiesto los conocimientos que se adquirieron y permitirán que surjan nuevas investigaciones.

Importancia

La importancia de esta investigación es que se realiza con el propósito de abrir nuevos caminos para poder realizar nuevas investigaciones sobre esta problemática, que se observa en el río Coata.

La realización de un estudio que evalúe la calidad de agua del río Coata, servirá como un antecedente, para la realización de posteriores monitoreos, que permitirán evaluar si el proceso de contaminación se ha incrementado.

1.5. Variables

Las variables independientes son:

Variable X1: Factores físicos del agua del río Coata.

Variable X2: Factores químicos del agua del río Coata.

Variable X3: Factores bacteriológicas del agua del río Coata.

Tabla 1*Operacionalización de variables*

Variables	Definición	Indicador	Unidades
Parámetros físicos del agua.	Son los valores del agua según los factores físicos que presenta al momento de su evaluación.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura ▪ Conductividad eléctrica ▪ Sólidos disueltos totales 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (°C). ▪ (µS/cm) ▪ (mg/L)
Parámetros químicos del agua.	Son los valores del agua según los factores químicos que presenta al momento de su evaluación.	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial de hidrogeniones • Demanda bioquímica de oxígeno • Sulfatos • Nitratos 	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades pH • mg/L • mg/L • mg/L
Parámetros bacteriológicos.	Es la calidad del agua según el contenido de bacterias que presenta al momento de su evaluación.	<ul style="list-style-type: none"> • Coliformes totales • Coliformes termotolerantes 	<ul style="list-style-type: none"> • (NMP/100ml) • (NMP/100ml)

Fuente: elaboración para el proyecto

1.6. Hipótesis de la investigación

Hipótesis General:

La calidad de agua del río Coata en sus tres zonas (A, B, C), no es apta para el consumo humano por la existencia de sustancias contaminantes, según los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

Hipótesis específicas:

El agua del río Coata (zonas A, B y C), hay la presencia y concentración alta de sustancias físicas, según los parámetros temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales.

El agua del río Coata (zonas A, B y C), existe la presencia y concentración alta de sustancias químicas según los parámetros pH, demanda bioquímica de oxígeno, sulfatos y nitratos.

El agua del río Coata (zonas A, B y C), existe la presencia y la concentración de contaminantes bacteriológicas, según el contenido de coliformes totales y termotolerantes.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel internacional

Costagliola, et al (2003) en la investigación que titula “*Costagliola M., S. G. 2003. Estudios químicos y bacteriológicos del rio Baradero - Argentina. Calidad sanitaria del agua y aptitud de los peces para consumo humano*” (artículo). Por lo que se requiere la determinación de residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados, las muestras fueron obtenidas a partir de ejemplares colocados sobre una superficie limpia de cinco campañas. Del cual concluye que las agrupaciones de desechos de contaminantes que hallaron en el tejido muscular de los peces no comprometen su aptitud para la ingesta humana, por lo que no fueron detectados plaguicidas organofosforados, sin embargo, existe contaminación bacteriológica que son vertidos por los efluentes de alcantarillado y las industrias que vierten, como también se hallaron posibles transmisores de enfermedades que consisten en bacterias. Este estudio se vincula con esta investigación, porque muestra que la calidad bacteriológica del agua es uno de los problemas que se presenta como efecto de contaminación antrópica. Sardiñas, Chiroles, Fernandez,

Hernández y Pérez (2006) en el título de su investigación “*Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba)*” (artículo). Por lo que el objetivo es evaluar las características físico-químicas y microbiológicas del agua de la presa el Cacao del municipio Cotorro en la Ciudad de La Habana (Cuba). Del cual concluye reportando el pH entre 7,0 - 7,9, los mismos que se sostienen en la categoría de la neutralidad. Las conglomeraciones de nitrato se conservaron en un rango $< 0,068 - 1,23$ mg/L durante el período de estudio y las conglomeraciones de nitrito fueron inferiores a 0,002 mg/L. La conductividad fue de 696 - 786 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La turbidez del agua en valores entre $< 5 - 11,55$ U, el valor extremo se localizó en el mes de abril del año 2005. Las concentraciones de oxígeno disuelto se encuentran entre 0 - 2,2 mg/L los cuales corresponden a concentraciones elevadas de DBO. Este estudio se consideró porque muestra que el problema de contaminación se ve reflejado en los parámetros químicos, físicos, y microbiológicos del agua.

Guzmán, Arturo (2007) siendo el título de su investigación “*la contaminación del agua superficial en la cuenca del río texcoco, México*” (artículo). Siendo el objetivo diagnosticar la contaminación del agua descargada en el río, con base en la Norma Oficial Mexicana. En el que el resultado se precisa “que más del 98% de las muestras analizadas dieron positivo a la presencia de coliformes totales (5650000 y 5194000/ 100 ml). Por otro lado, ubicaron 23 descargas directas al río en mención, donde la conductividad eléctrica tuvo un intervalo de 712,2 a 1193,3 $\mu\text{S cm}^{-1}$. En lo referente a la temperatura, varió entre 20,5 y 22,4 °C; y el pH osciló entre 6,4 y 8,0; ambos parámetros físicos mencionados califican a las aguas del río Texococo como aptas para el riego”. Este

estudio se consideró porque señala que el agua en determinadas condiciones puede tener un uso limitado por problemas de contaminación.

Rivera, et al. (2007) en su investigación que titula “*contaminación por coliformes y helmintos en los ríos Texcoco, Chapingo y san Bernardino tributarios de la parte oriental de la cuenca del valle de México*” (artículo). Siendo el objeto identificar las descargas a los ríos y determinar su grado de contaminación. Del cual se muestran los resultados “registrando datos de las descargas que desembocan en los ríos mencionados donde los valores de coliformes totales van desde $1,6 \times 10^4$ NMP/100 ml hasta $2,4 \times 10^7$, los coliformes fecales de 1×10^4 a $2,4 \times 10^7$ y de huevos de helmintos de 0,38 a 6,78 huevos/l; además mencionaron que las aguas de las descargas son ligeramente alcalinas, muy turbias debido al contenido de materia orgánica, sólidos totales y ligeramente salinas”.

2.1.2. A nivel regional y local

Rosado (2008), en su título de investigación “*Impactos generados por efluentes líquidos en la irrigación La Cano*” (tesis). En la que indica los resultados del estudio “el agua de la parte baja del río Chili presentaba alta concentración de CaCO_3 debido a la lixiviación generada por las aguas de regadío de la irrigación La Joya. Estas aguas emergen en las quebradas de San Luis 1 y 2 con una alta concentración de carbonatos (988,58 mg/L de CaCO_3 y 1591,59 mg/L de CaCO_3 respectivamente), debido a que se filtran a través de los conglomerados y son reutilizadas en la irrigación La Cano”. Este estudio se vincula con esta investigación, porque permite identificar fuentes de contaminación del agua, como es el riego.

Quispe (2010), en la que titula su investigación “*Componentes Fisicoquímicos e Indicadores Bacterianos en la ciudad de Aplao, Valle de Majes, Arequipa*” (tesis). En la que indica los resultados del estudio “los componentes fisicoquímicos e indicadores bacterianos de contaminación fecal en aguas de consumo de la Ciudad de Aplao, Valle de Majes, Arequipa. obteniendo los siguientes resultados; fisicoquímicos: pH 8.0, temperatura 19,8 °C, conductividad 726,5 μ S/cm, sólidos disueltos totales 397,6 mg/L, dureza 99,8 mg/L, cloruros 81,2 mg/L y sulfatos 401,6 mg/L. los índices de coliformes totales y fecales en las zonas A,B,C, fueron coliformes totales 4200 NMP/100 ml, coliformes fecales 1881 NMP/100 ml, el germen aislado más predominante fue *Escherichia coli* en un 71,42%, la zona de estudio con más índice de contaminación fue la zona C (rio abajo), presentó indicadores de contaminación fecal que sobrepasaban los límites establecidos para aguas superficiales”. Este estudio se consideró porque señala que el agua puede contaminarse por el vertimiento de aguas servidas, la misma que guarda relación con el estudio en el rio Coata donde parte de su contaminación es por efluentes de aguas servidas.

Oruna (2010), en su investigación titula “*Calidad Bacteriológica y Físico – Químico del agua potable de la ciudad de Puno*” (tesis). Que indica en los resultados “determinó la calidad microbiológica y los principales parámetros físico – químicos del agua potable de la ciudad de Puno, los resultados para la fuente de Totorani fueron: coliformes totales 18,00 NMP/100 ml, coliformes fecales 0,00 NMP/ 100 ml, pH 7,5; solidos disueltos totales 650 mg/L, dureza 200,1 mg/L, cloruros 256,57 mg/L, y sulfatos 260 mg; y para los barrios abastecidos por la fuente de Totorani fueron: coliformes totales 0 – 240 NMP/100 ml, coliformes fecales 0

– 7 NMP/100 ml, pH 6,24 – 8,65; sólidos disueltos totales 352 – 1061 mg/L, dureza 44,15 – 166,00 mg/L, cloruros 11,98 – 209,64 mg/L, y sulfatos 26,00 – 740,00 mg/L, concluyó que el agua potable no es apto para el consumo humano según la norma técnica peruana”. Este estudio se vincula con esta investigación, porque se encuentra en la región Puno y muestra que el grado de contaminación de las aguas la vuelve no apta para el consumo humano.

Mendoza (2011), en su investigación que titula “*Microbiología y factores físicos de las aguas de las desembocaduras de los principales ríos tributarios del Lago Titicaca*” (tesis). Del cual se señala los resultados “realizó un estudio de la calidad microbiológica y factores físicos del agua de los ríos Ramis, Coata y Huancané, obteniendo valores promedios de: temperatura 14,66 °C, pH 7,32, determinó concentraciones de coliformes totales y fecales superiores a 5000 y 2000 NMP/100 ml, y mesofilos viables 5348 UFC/ml”.

Yanapa (2012) en su investigación titulada “*Calidad organoléptica, físico-química y bacteriológica del agua potable de la ciudad de Ilave - Puno*” (tesis). Considerando los resultados “registró la calidad organoléptica, físico-química y bacteriológica del agua potable de la ciudad de Ilave – Puno, siendo los valores encontrados: temperatura 16,77 °C, pH 7,53, dureza total 79,33 mg/L, cloruros 20,43 mg/L, sulfatos 14,70 mg/L, sólidos disueltos totales 123,37 mg/L, coliformes totales y fecales 0,00 NMP/100 ml, y mesofilos viables 107,77 UFC/ml, determino que todas las muestras de agua potable se encuentran dentro de los límites permitidos”.

Autoridad Nacional del Agua (2012), en el título “*Identificación de fuentes de contaminación y monitoreo de la calidad del agua en las cuencas Coata, Ilave,*

Illpa y Embalse Pasto Grande” (informe). En la que indica “realizó un monitoreo para evaluar la calidad del agua de los ríos y quebradas que se encuentran en el ámbito de la cuenca Coata, ubicada en el departamento de Puno, para la definición de la estrategia de gestión integrada de la vigilancia y control de la calidad del agua en dichas cuencas, los valores encontrados: zona Rcoat1, temperatura 21,3 °C, pH 9,27, conductividad eléctrica 1119 μ S/cm, sulfatos 86,19 mg/L, nitratos 0,106 mg/L, demanda bioquímica de oxígeno < 3, coliformes totales 5400 NMP/100 ml, y fecales 33 NMP/100 ml, zona Rcoat2, temperatura 17,2 °C, pH 9,02, conductividad eléctrica 1136 μ S/cm, sulfatos 85,36 mg/L, nitratos 0,81 mg/L, demanda bioquímica de oxígeno < 3, coliformes totales 170 NMP/100 ml, y fecales 70 NMP/100 ml, reportaron que todas las muestras de agua potable dentro de los límites permitidos a excepción del pH y coliformes totales que sobrepasaban los límites máximos permisibles”.

Este estudio se vincula con esta investigación, porque se encuentra en la región Puno y también en la zona del río Coata, por lo que permitirá comparar si ha existido variaciones de los parámetros del agua en el tiempo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El agua

Elemento hídrico destinado al consumo diario de las personas, por lo que se considera un derecho humano, además es necesario mencionar la existencia de tratados internacionales sobre el agua que protegen su uso y su reserva para el futuro, es decir que el recurso hídrico debe de tener sostenibilidad para que garantice la sobrevivencia de las futuras generaciones. En la idea que considera la

OMS (2006) dice que es uno de los elementos más importantes de la materia viva, también las tres cuartas partes de la superficie terrestre están revestidas de agua, sin embargo este recurso hídrico que abunda no tiene la calidad de ser consumible, debido a que contiene sustancias minerales que hacen que no sea consumible para la humanidad, con ello no se indica que no pueda realizarse un tratamiento para separar las sustancias minerales que contiene en su estructura química.

Al observar la composición química del agua, es básica y simple, pero esta sustancia es excepcional para la humanidad, esta indica que el H₂O es una composición básica, para lo cual en palabras de Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental (2006) afirman que no tiene sabor, ni olor, tampoco tiene color, es tal vez algunas de las características más destacadas del agua. En su formación química tiene la denominación de H₂O lo cual tiene la representación de moléculas, siendo dos átomos de Hidrogeno y una de Oxígeno, según el Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental (2007) dice:

“Los átomos de hidrógeno y oxígeno en la molécula de agua tienen cargas opuestas, y las moléculas de agua vecinas son atraídas entre ellas como pequeños imanes. La atracción electrostática entre el hidrógeno y el oxígeno en las moléculas adyacentes es llamada enlace de hidrógeno” (p. 15).

Por tanto, esta estructura que está compuesta por dos átomos que son atraídos uniéndose con facilidad para formar cadenas que le permiten constituir el agua, así mismo en una comparación, se indica que la conformación de un cuerpo de un bebe es de 83% de agua, como la de un hombre es de 60% de agua, de una

mujer es el 45% y de una medusa es de 95% de agua, por ello los cuerpos de los seres vivos en gran porcentaje contiene agua.

En la normatividad de la ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338 en el artículo 1 define como un “recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible...”, al respecto se menciona que en la actualidad se observa conflictos sociales sobre el recurso hídrico.

La extraordinaria forma en la que se visualiza la demanda por el agua en los distintos lugares de Latinoamérica y en la región de Puno por el crecimiento de la población y la necesidad de esta en satisfacer dichas necesidades, de tal forma este recurso hídrico no solo es para el consumo humano, sino para el agro, la industria, turismo y otros. Se estima que la insuficiencia del agua dulce es un factor restrictivo ya que es un elemento central para la sobrevivencia de todo ser vivo que existe en el ambiente, incluyéndose para el desarrollo de un pueblo. La disminución del agua dulce se debe a la actividad del hombre y está incitada por los altos índices de consumo, principalmente por la degradación de la calidad del agua dulce consecuencia de la contaminación (Gil, 2005).

Ya que el agua es un recurso renovable por lo que cumple el ciclo hidrológico mediante la evaporación, la condensación y precipitación que ocasiona la disponibilidad para el consumo humano, animales, urbes, las industrias, las praderas, las plantas y peces.

De lo descrito como una problemática, la contaminación es una práctica humana que tiene riesgo sobre el ambiente y aun más ocasiona un daño, que en

muchas ocasiones no es reparable, los bosques como los rios, lagos, glaciares y nevados son parte del ambiente y esta desapareciendo con el tiempo.

2.2.1.1. Propiedades del agua

El agua es primordial para la humanidad y para la sobrevivencia, no obstante, la abundancia del agua salada es inmensa pero no es consumible por el contenido de ciertos minerales en su composición, pero el agua dulce a nivel mundial es escasa y su acceso a ella es limitado, para muchas personas se les hace difícil y a la vez restringido conseguir un balde de agua dulce apto para el consumo. En palabras de Manine (2008) dice que el agua dulce es considerada como un recurso renovable, por la propia distribución del ciclo hídrico y las condiciones fisiográficas, discrepo con el autor ya que el ciclo del agua en la actualidad es variado, es decir las temporadas de lluvia han variado en su tiempo por la propia contaminación y el cambio climático, no obstante, sobre el termino de renovable como un recurso natural tiene la certeza de seguir fluyendo en su ciclo hídrico.

Dentro de las propiedades del agua se le considera dos formas, la primera es la propiedad física y la segunda química, del cual se desarrolla en los siguientes párrafos.

2.2.1.1.1. Propiedades físicas:

La propiedad física que es más destacable, es su densidad: por poseer densidad máxima que en estado líquido puede alcanzarse a los 3.98 °C. El agua sufre expansiones al solidificarse, y se convierte en hielo apreciando un formidable aumento de su volumen. También posee un alto disolvente a alta presión, de igual forma en su punto de ebullición y congelación por asociarse a otras moléculas.

Siendo la capacidad calorífica muy alta y su evaporación implica que tiende a convertirse en gas y por último posee alta constante dieléctrica que facilita la ionización. Por considerarse un líquido inodoro e insípido, así mismo verificando el punto de fusión es de 0°C y el punto de ebullición es de 100°C.

2.2.1.1.2. Propiedades químicas:

Méndez (2010) considera sobre la propiedad química del agua como una sustancia que presenta complicaciones en su fórmula, teniendo la presencia de isótopos estables de oxígeno en la que considera los isótopos 16, 17 y 18 del oxígeno e incluyendo los isótopos del hidrógeno como el deuterio y tritio. Además, el agua en su fórmula, de donde el hidrógeno actúa con valencia 1 y oxígeno con valencia -2. Aunque en otro sentido, para García (2009) enumera las propiedades químicas del agua: elevada fuerza de cohesión, es un líquido incompresible, capilaridad, elevada tensión superficial, elevado calor específico, vaporización, constante dieléctrica y bajo grado de ionización.

De esta manera, el agua se encuentra en nuestro globo terráqueo en mucha abundancia, se incluye la importancia que tiene este fluido desde el punto de vista químico, incide casi en todo el proceso químico que ocurre en el ambiente, siendo esto en todos los seres vivos que habita en la tierra como en el mar. En la afirmación de Manine (2008) dice, que no conserva propiedades ácidas ni básicas, armoniza con ciertas sales para crear hidratos, reacciona con los óxidos de metales creando ácidos y resulta como catalizador en muchas reacciones químicas.

2.2.2. Características de la calidad del agua

El agua como líquido fundamental, según Begueria (2017) señala las características del agua:

- Densidad del agua: la congelación del agua es bastante distinta a la de otros líquidos.
- Viscosidad del agua: el agua del mar es más viscoso que la de un río, por oponer resistencia a todo movimiento.
- Calor específico: referido a la abundancia de calor necesario para subir la temperatura.
- Calor latente: la abundancia de calor necesario para efectuar el cambio de estado.
- Tensión superficial: Es la fuerza de arrastre que se ejerce sobre la superficie del líquido.
- Conductividad: es ligeramente conductora de electricidad.
- Color: el agua pura no es incoloro, tiene un tinte azul verdoso.
- Turbidez: Es el obstáculo del agua para traspasar la luz de los materiales en suspensión, coloidales o muy finos.

Sobre las características físicas del agua se debe tener en cuenta los sabores, olores y la turbidez. En cambio, las características químicas refieren a compuestos diluidos en el agua siendo de origen natural o industrial: arsénico, flúor, hierro, zinc

y etc. Por otra parte, las características biológicas del agua caben destacar elementos biológicos y microorganismos, se menciona algas, bacterias y hongos.

La importancia del agua hace mención a la necesidad de este recurso en su utilización a diario, por ello es que la necesidad de su uso se ha multiplicado y las acciones del Estado son ineficientes, por tanto la calidad se considera en función a características como físico, químico o bacteriológicos, según la OMS (2006) indica que puede registrar mediante una mezcla de medidas: la conservación de las fuentes de agua, control de las operaciones de tratamiento, gestión del reparto y la utilización del agua. Con ello, se quiere garantizar la salud pública de la población consumidora, esta medición implica a que cumpla con un conjunto de parámetros que señalan que este recurso hídrico pueda ser utilizado para diferentes propósitos (Mendoza, 1996). Sin embargo, el término de calidad del agua hace a que pueda ser consumible y que sea limpia para que puedan habitar otros seres vivos.

De esta forma sobre la definición de calidad de agua, según Agüero (2003) dice al respecto, cuando se consume no pueda dañar al organismo de la persona, para Lampoglia, Agüero, y Barrios (2008) señalan debe ser evaluado adecuadamente antes de llevarlo al sistema de suministro. Sin duda, que estas concepciones indican la comparación y concentración de elementos naturales. En el marco normativo que la Constitución Política afirma en el inciso 22 artículo 2 “...un ambiente equilibrado...” de igual forma sobre los estándares de calidad de agua data desde 1969 con el tiempo esta normatividad a estado evolucionando en su contenido, por lo que en el presente estudio se consideró el Decreto Supremo N°002-2008-MINAN Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y Decreto Supremo N°004-2017-MINAN Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

para Agua donde no hay cambios significativos en los parámetros analizados estas a su vez establecen Disposiciones Complementarias, que entra en vigencia derogando las anteriores legislaciones en materia de regulación, en la que establece cuatro categorías con sus respectivos parámetros en físico y químico, inorgánicos y orgánicos. La presente norma que regula los estándares de la calidad ambiental para el buen funcionamiento del ecosistema y asegurar la salud de la población.

El agua como un recurso que se encuentra en crisis por la actividad del hombre, en algunas regiones del país y en la región de Puno, se observa las cinco cuencas que desembocan al lago Titicaca se encuentran en una calidad crítica con problemas serios que impiden a que el uso del agua sea eficiente; el agua como un derecho de la persona ha adquirido connotación en la sociedad civil por el incumplimiento de afrontar la ineficiente gestión del Estado ante estos fenómenos ambientales. Las razones por la que está contaminado son el descargue de aguas servidas de las urbes, relaves mineros, industria.

Calidad bacteriológica del agua: Para verificar la calidad de la bacteriológica según la OMS Salud (2006) afirma sobre el análisis bacteriológico, que, en la mayoría de las situaciones, conllevará a indicadores de contaminación, esto con la finalidad de observar la calidad de agua. Este control es importante para evitar enfermedades, también su análisis es realizado en el origen y cuanto esta puede variar.

Calidad química del agua: haciendo mención a que esta puede provenir de las industrias o actividades mineras, según la OMS (2006) se basa en la confrontación

de los resultados del estudio con los valores de referencia. Por lo que, se requiere medir la turbulencia, olor, sabor y color del agua.

2.2.2.1. Seguridad del agua

La seguridad alimentaria está encaminada paralelamente con el agua, ya que este recurso hídrico es un factor determinante para el desarrollo sostenible, de esta forma se quiere garantizar el abastecimiento de agua mediante los Planes de Seguridad del Agua (en adelante PSA), destacando un rol social por el propio consumo del agua, por ello, para la Comisión Nacional Preparatoria V foro Mundial del Agua (2009) las políticas de agua y de protección a los alimentos nutricionales convergen en asegurar la reserva de alimentos de origen agropecuario e hidrobiológicos y resguardar el consumo apropiado de alimentos.

Los PSA como instrumentos que utiliza la OMS con el objetivo de reducir al mínimo la contaminación de las aguas desde su origen hasta el tratamiento, como aguas servidas que en muchas urbes no cumplen con este último, en la región de Puno las urbes que se encuentran a orillas del lago o cercanas, algunas de ellas no tienen una planta de tratamiento, por lo que, la PSA ha desarrollado las fases del cual la OMS (2006) indica:

- a) Evaluación y diseño de sistemas de abastecimiento de agua: Empieza con la creación de un equipo multidisciplinario de expertos, para evaluar sobre los agentes contagiosos y materias químicas peligrosas en el agua. Primero se requiere infraestructuras nuevas; segundo selección y evaluación de datos disponibles; tercero resguardo de los recursos de la fuente, siendo esto importante por el tratamiento del agua, cuarto ,determinar los factores que lo

hacen peligroso como los derivados del uso humano dentro de ello se encuentran la contaminación con descarga de aguas residuales sean estos industriales o domésticas y los factores naturales, a ello se plantea medidas de control; quinto tratamiento en la que incluye la desinfección y eliminación de agentes patógenos; sexto sistema de reparto de agua por tuberías; séptimo validación, es la obtención de la eficacia en la evaluación y octavo engrandecimiento y mejora.

- b) Monitoreo operativo y mantenimiento bajo control, garantizar la protección de la salud, en la que consiste en: primero, precisión de las medidas de inspección del sistema; segundo, extracción de parámetros para el seguimiento; tercero, fijación de límites operativos y críticos; cuartos, sistemas comunitarios y domésticos de abastecimiento sin tuberías.
- c) La verificación forma parte del control final de la seguridad general, en la que cuenta con fases como: confrontación de la calidad bacteriológica, supervisión de la calidad química, fuentes de agua, sistemas de reparto de agua por tuberías, comprobación en sistemas de abastecimiento gestionados por comunidades y control de la calidad; en cada una de ellas se verifica la calidad bacteriológica y química del agua.
- d) Procedimientos de gestión para sistemas de reparto de agua por tuberías, consiste en aquellas incidencias que se puede producir por variaciones en el control del sistema, teniendo en cuenta: incidentes previsibles, sucesos imprevistos, situaciones de emergencia, realización de un plan de seguimiento y líneas complementarias.

- e) Gestión de sistemas de abastecimientos de agua comunitarios y domésticos, se propicia que los abastecimientos puedan sufrir contaminación y ser proclives a producir averías y fallas; por lo que se requiere que la calidad del agua sea potable ya que no se cuestiona de donde proviene el agua, sino que el consumo de este recurso sea adecuado.
- f) Documentación y comunicación, debe de contener las condiciones: una breve descripción del sistema, el plan de monitoreo, los procedimientos de gestión. Por la cual, los usuarios tienen el derecho de obtener información verídica de la condición del agua.

2.2.3. Aspectos generales del río Coata

Los pobladores vecinos al río Coata están situados por los sitios de Huata, Capachica y Caracoto en la provincia de San Román, en la actualidad este río trae consigo una contaminación aparente, que daña la salud de los pobladores, asimismo el Instituto Nacional de Recursos Naturales (2007) nos da a entender que:

La cuenca del río Coata está conformada básicamente por las cuencas de los ríos Cabanillas y Lampa. La superficie total de la cuenca Coata es de 4,908.44 km^2 , su altitud máxima y mínima es de 5,300 y 3,800 msnm., respectivamente, y su altitud media es de 4,336.12 msnm. La longitud de curso más largo es de 188.57 km con una pendiente media de 1.13%. Pluviométricamente es una cuenca con buen rendimiento hídrico. La precipitación total anual en la cuenca varía de 595.5 mm. (Juliaca) a 870.8 mm. (Quillisani). Los valores más altos se registran en el entorno del Lago Titicaca y en el parte Alta de la cuenca. Las temperaturas más

bajas se producen en el mes de Julio, mientras que las más elevadas se registran de noviembre a marzo, por lo general centradas en Enero (p. 3).

En este sentido la cuenca del río Coata afecta a muchas personas, afectando en el bienestar de la salud, en la sobrevivencia, además afecta a los animales ya que ocasiona muertes a raíz de esta contaminación.

La cuenca del río Coata principalmente está formada por nueve subcuencas que son los siguientes:

1. Subcuenca del río Paratía: Abarca 419,56 km² y representa el 8,5 % de la cuenca del río Cabanillas (2888,61 km²). La longitud del curso principal del río Paratía es de 19,7 km aproximadamente, desde la naciente hasta la confluencia con el río Verde, afluente del Cabanillas.
2. Subcuenca Jarpaña: La subcuenca Jarpaña tiene una superficie de 328,91 km², que representa el 6,7% de la cuenca del río Cabanillas (2888,6 km²). La longitud de su río principal es de 10,7 km, aproximadamente, desde la naciente en el río Quillisane hasta la confluencia con el río Verde. Tiene un caudal de 876,8 L/s y una pendiente de 1,5 %.
3. Subcuenca Medio Alto Coata: La subcuenca Medio Alto Coata cuenta con una superficie de 210,5 km² y representa el 7,3 % de la cuenca del río Cabanillas (2888,6 km²). La longitud del curso principal, el río Verde, es de aproximadamente 19,7 km desde río Sillapaca hasta la confluencia con el río Cabanillas.
4. Subcuenca Cerrillos: Abarca 868,12 km² y representa el 30,5 % de la cuenca del río Cabanillas (2888,6 km²). En esta subcuenca se ubica la laguna Lagunillas, actualmente represada, que tiene una superficie de 65,12 km² y un

volumen superior a los 500 Hm^3 . La represa Lagunillas descarga sus aguas en el río Cerrillos, que desemboca en el río Cabanillas. En la parte alta de la subcuenca, el río Cerrillos toma el nombre de Borracho, que tiene una longitud de 34,0 km. En esta subcuenca también se encuentra el río Ichoccollo, cuya longitud es de 11,21 km.

5. Subcuenca e Intercuenca del Medio Coata: Esta subcuenca tiene una superficie de 495,6 km^2 y representa el 17,16 % del total del área de la cuenca (2888,6 km^2). Los ríos Chacalaya y Quebrada Andamarca, de la quebrada Compuerta, desembocan en el río Cabanillas. La intercuenca media del Coata tiene como río principal al Cabanillas, cuya longitud es de 20,12 km y cuenta con una pendiente de 0,541 %; en este tramo confluyen los ríos Andamarca, Compuerta y Chacalaya.
6. Subcuenca Cotaña: Esta cuenca ocupa una superficie de 251,1 km^2 y representa el 8,69 % del total del área de la cuenca del río Cabanillas (2 888,64 km^2). Desde la naciente en el río Cuchuchune, el río Cotaña tiene una longitud de 16,64 km (aforo = 7,94 L/s). Durante su recorrido confluyen en él los ríos Livara, que tiene una longitud de 16,1 km, y Vizcachani, con una longitud de 11,0 km.
7. Subcuenca Medio Bajo Coata: Esta subcuenca ocupa una superficie de 314,5 km^2 , lo que representa el 10,9 % del total del área de la cuenca del río Cabanillas (2888,6 km^2). El río principal es el Cabanillas, con una baja pendiente del orden de 0,2 %. Limita por el norte con la cuenca del río Lampa, por el sureste con la cuenca del Ilave y por el oeste con la subcuenca Medio Coata y Cotaña. Abarca la mayor longitud del río Cabanillas, en cuyo

transcurso se encuentran las bocatomas Cabana-Mañazo, Yocara y Yanarico. El río Cabanillas tiene una longitud de 52,9 km, un caudal de $7,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (época de estiaje) y una pendiente de 0,2 %. En su trayecto hacia el Titicaca confluye con el río Porotuyo, que tiene una longitud de 26,3 km.

8. Subcuenca Lampa: La subcuenca del río Lampa ocupa una superficie de $1559,9 \text{ km}^2$, representa el 31,7 % del total del área de la cuenca y tiene una pendiente de 1,2 %. Nace en la parte alta del río Vilavila. Está compuesta por los ríos Vilavila, Palca y Lampa; este último tiene una longitud de 98 km. El río Vilavila, a 84 km de su nacimiento, toma el nombre de río Palca; durante su recorrido confluye con ríos y quebradas que aportan caudales importantes, como el río Pumahuasi, la quebrada Collpahuaijo, la quebrada Antalla y los ríos Barranco y Cachinane. El río Palca, 60 km aguas abajo de su recorrido, toma el nombre de río Lampa, cuya longitud es de 61 km y recibe el agua de los ríos Quisca y Culillaca. En esta subcuenca se encuentran las lagunas Livichaco, con un área de $1,0 \text{ km}^2$, y Colorada, con un área de $1,2 \text{ km}^2$.
9. Subcuenca Bajo Coata: Abarca $459,9 \text{ km}^2$, lo que representa el 9,2 % del total de la cuenca del río Cabanillas ($2888,6 \text{ km}^2$). Los ríos Cabanillas y Lampa son los principales aportantes de río Coata, cuyas aguas desembocan al lago Titicaca. En esta subcuenca se ubica la ciudad de Juliaca, que tiene una población de más o menos 300 mil habitantes, lo que constituye una de las principales causas de contaminación, debido a la producción de aguas residuales municipales y residuos sólidos sin tratamiento (Ocola y Laqui, 2017).

La cuenca del río Coata básicamente está referida a una fuente abastecedora de agua para el propio consumo del ser humano, ya que el agua es vital y es considerada de suma importancia para el desarrollo humano, asimismo es importante para poder conservar nuestro medio ambiente, en la cuenca del río Coata se puede apreciar que existe presencia de olores metálicos por causa de vertimiento de aguas residuales domésticas, también por el vertimiento de aguas residuales del lavado de filtros de planta de tratamiento del agua potable, entre muchos aspectos.

2.2.4. Tipos de fuentes de agua

Las fuentes de abastecimiento de agua pueden ser según su procedencia de extracción, siendo esto las aguas superficiales, subterráneas y las de lluvia, para Agüero (2003) sostiene:

- a) Agua de lluvia: su captación proviene de la lluvia, es decir de la precipitación, siendo en los casos cuando no es viable obtener aguas superficiales y subterráneas.
- b) Aguas superficiales: constituyen aquellos que se encuentran en ríos, arroyos, lagos y otros que transcurren naturalmente en la superficie terrestre.
- c) Aguas subterráneas: se localizan en el interior de la tierra, siendo producto de la filtración por la precipitación.

2.2.5. Clasificación de aguas superficiales

Contiene a todas las corrientes que se encuentran en la superficie terrestre, tienen procedencia por la precipitación y también es generado por el ciclo del agua, en la conceptualización que indica Vargas (2008) dice que se denomina al conjunto de

las aguas que se encuentran sobre la superficie terrestre ríos, lagos, embalses, manantiales. Cuando se encuentran en cantidades suficientes, es una importante fuente de abastecimiento para la ingesta humana. Las características del agua están directamente condicionadas por las propiedades del terreno por el que discurren, ya que el carácter bipolar de su molécula le confiere un alto poder disolvente y al discurrir en contacto con los materiales del suelo.

a) Los ríos: tiene gran importancia para el ambiente y para el ecosistema porque estas fuerzas fundamentales logran formar el ambiente y el paisaje en la que se habita. También tiende a facilitar la actividad de transporte y tiene distintos usos que la humanidad le pueda dar, para el consumo diario, para la agricultura, para la ganadería, etc. De los riachuelos que se juntan en los andes para formar arroyos, quebradas y al agruparse los canales se forma el río. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2007).

En palabras de Marin (2003) los ríos por medio de la erosión crean en la roca cañones profundos y arrastran todo de material, en la actualidad todos los ríos que recorren nuestras montañas discurren mediante los cañones profundos.

En la consideración de la Autoridad Nacional del Agua (2011) afirma que el agua cumple un rol muy importante en los ecosistemas según su curso:

- Curso superior de un río: Se denomina así porque es el punto donde se originan los ríos, nacen en las montañas de una cuenca. La erosión de los ríos tiene potencial porque forman valles, en cambio cuando se encuentran en áreas geográficas secas son denominados barrancos.

- Curso medio o de gravedad inestable: es cuando en el curso medio de algunos ríos se altera las áreas por esta erosión depositando sedimentos, lo que se debe a la fluctuación de la pendiente y al dominio del caudal. También la sección transversal del río asiduamente se creará tomando la apariencia de palangana, por tanto, el río seguirá su curso manteniéndose recto.
- Curso inferior: el río fluye en lugares planos, donde suele formar meandros que es una curva descrita por el curso del río, lo que también puede formar lagos en herradura. Al transcurrir en su ruta el río acarrea sedimentos lo que da origen a islas en el interior del río, denominados deltas.

b) Lagos: en la idea de Muñoz (2015) se considera navegables o no, dulces o saladas, aunque señala que los lagos de agua dulce son las más adecuados ya que en sus islas se crea establecimientos humanos.

c) Cascadas: es producto del enlace entre un caudal y un fuerte desnivel geográfico que suelen denominarse cataratas, rápidos, saltos y torrentes (Muñoz, 2015).

2.2.6. Características de las aguas superficiales

Son masas de agua que provienen de las precipitaciones, y discurren por la superficie. Para que el agua sea óptima y de buena calidad esta debe de ser agradable al paladar; así mismo debe tener una temperatura módica en las estaciones del año y estar bien aireada, cuando menos 4 percepciones humanas responden a estas características.

Los sentidos de la vista (color y turbidez), gusto, olfato (color), y tacto (temperatura, viscosidad). Si se considera como una de sus cualidades el placentero

sonido de las corrientes de agua, la atracción sensorial es entonces completa (Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 1998).

2.2.7. Características organolépticas del agua

Las características organolépticas denominadas por la impresión a los sentidos de la persona, según Barnechea (2004) la directa incidencia sobre las estipulaciones estéticas y la admisibilidad del agua. Según Chávez (2007) señala que las propiedades organolépticas son determinables por los sentidos, por lo que tiene importancia en aguas potables ya que el consumidor puede percatarse o detectar el color, olor o sabor que asocia a la calidad del agua.

2.2.7.1. Color

Con respecto al color del agua, esta no tiene relación directa con la contaminación, el agua turbia no indica necesariamente que se encuentra contaminado, por lo que para verificar esta situación se tendría que realizar una evaluación química para ver si se encuentra contaminado. Según Barnechea (2004) no es aceptable constituir las estructuras químicas del color. La atribución que se tiene sobre las características del agua es la aparición de ciertas sustancias como lignina, taninos, ácidos húmicos, ácidos fulvicos, ácidos grasos, (Barnechea 2004, Villena, 2006). En cambio, para Marin (2011) la existencia de sales solubles de Fe y Mn, dentro esto se señala a aguas superficiales y subterráneas con poco oxígeno. En cambio, en aguas de lagos y embalses la relación es más directa entre el color y pH.

2.2.7.2. Olor

El agua con respecto al olor no produce sensaciones olfativas, la utilización de esta característica es de manera subjetiva por esta situación Romero (2000) dice que el olor del agua es indistinguible, ya que muchas pueden ser los olores por su descripción. En cambio, Barnechea (2004) afirma que puede ser una señal indirecta de la carencia de contaminantes, como es la composición de fenólicos. Así también, la aparición del olor a sulfuro de hidrógeno es a una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua.

2.2.7.3. Sabor

La determinación del sabor en el agua es bastante subjetiva, Carranza (2001) dice que el sabor va en relación de las sales, en la que el límite de NaCl es de 300 – 400 mg, y el de sulfato de calcio es de 500 – 600 mg. Barnechea (2004) señala que las sustancias que generan el sabor de ciertos compuestos orgánicos que son procedentes de microorganismos y algas, por lo que en el agua se puede distinguir los siguientes sabores de ácido, salado, dulce y amargo.

2.2.8. Características físicas del agua

Por su estado líquido se señala las características:

2.2.8.1. Temperatura

En la idea de Marin (2011) señala que se constituye por la impregnación de radiación en las capas sobresalientes del líquido, los cambios de temperatura perjudican a la solubilidad de sales y gases. Para Barnechea (2004) considera como aquel parámetro que predomina en el atraso u incremento de la acción biológica, la

impregnación del oxígeno, el aceleramiento de compuestos, la creación de depósitos, la purificación y los procesos de combinación, floculación, sedimentación y filtración. Los distintos factores hacen que el agua varíe de temperatura. De esta forma, para American Public Health Association (2005) dice que la temperatura optima de un agua potable está entre 4.0 °C y 15 °C, el agua fría es desagradable y hasta peligrosa porque puede irritar la mucosa digestiva y provocar la congestión al hígado.

2.2.8.2. Conductividad eléctrica

Es producido por los electrolitos que se encuentran disueltos en agua, según Aznar y Alonso (2000). indican que el agua en su estado líquido es un aislador eléctrico, siendo las materias diluidos en ella las que facilita al agua para que esta tenga capacidad de conducir energía eléctrica. Se dispone por medio de electrometría con un electrodo conductimétrico, indicando el resultado en micro Siemens cm^{-1} ($\mu S cm^{-1}$). Marin (2011) manifiesta que es realizada por los electrolitos disueltos en agua y en ella predomina lo que es: composición mineralógica del terreno.

2.2.8.3. Sólidos disueltos totales

En la definición de Romero (2000) indica que incluye a toda la sustancia, salvo el agua comprendido en los materiales líquidos, en la denominación de Barnechea (2004) dice que los sólidos pueden localizarse interrumpidos o diluidos. Así mismo, los sólidos totales corresponden al residuo remanente equivaliendo a los disueltos y suspendidos, los sólidos totales se determinan de 103 a 105 °C, siendo la formula sólidos totales = sólidos suspendidos + sólidos disueltos. En cambio, los disueltos también conocidos como filtrables se consiguen después de la ebullición de un

modelo previamente filtrado (Barnechea 2004). Los sólidos en suspensión son los que poseen partículas superiores a un micrómetro y que son paralizados mediante una absorción en el análisis de laboratorio (Barnechea, 2004).

2.2.9. Características químicas del agua

Siguiendo al autor Barnechea (2004) dice que el agua, es como una determinada solución universal, en el que puede dominar cualquier tipo de elemento de la tabla periódica.

2.2.9.1. El pH

La OMS (2006) dice "...es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua" (p. 338). Para Marin (2011) afirma:

Se debe al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. Respecto a lo primero, la secuencia de equilibrios de disolución de CO_2 en un agua, y la disolución de CO_3^{2-} e insolubilización de HCO_3^- , determinan el pH de un agua...el valor de pH de aguas superficiales está entre 6-8,5, siendo las aguas subterráneas más ácidas que las superficiales. En lagos y embalses, el pH varía cíclicamente, disminuyendo con la profundidad del agua (p. 8-9).

Ya que el agua siempre se ioniza, la concentración de iones hidrógenos y los hidroxilos son iguales en agua. Esto indica que se expresa la condición ácida o alcalina de una solución.

2.2.9.2. Alcalinidad:

La alcalinidad tiene la capacidad de neutralizar ácidos, por ello es que Barnechea (2004) sostiene que se encuentra en las aguas naturales con un determinado equilibrio de los bicarbonatos y los carbonatos, específicamente con el ácido carbónico, con una tendencia a que predominen los iones de bicarbonato, por ello se dice que un agua pueda tener baja alcalinidad y un pH respectivamente alto o viceversa. Según Aznar y Alonso, (2000) señalan:

Es la capacidad que tienen para reaccionar con los iones hidrógeno del agua, estando provocada mayoritariamente por los iones carbonato (CO_3^{-2}) y bicarbonato (HCO_3^-), aunque está también influida por el contenido en otros como boratos, fosfatos, silicatos y oxidrilos. Se determina por valoración con ácido, determinando los puntos de equivalencia mediante electrodo selectivo de pH o indicadores adecuados, obteniéndose de los puntos de inflexión o puntos de equivalencia los valores de alcalinidad compuesta (carbonatos pH \approx 8,3) y la alcalinidad total (bicarbonatos + carbonatos pH \approx 4,5).

2.2.9.3. Demanda química de oxígeno

Según Aznar y Alonso (2000) señala:

La DQO se determina adicionando una cantidad pesada de dicromato potásico ($K_2Cr_2O_7$) a un volumen conocido de muestra, acidulando el medio (pH<7) y manteniendo destilando a reflujo el sistema durante 2 ó 3 horas. El dicromato sobrante de la oxidación de la materia orgánica se evalúa mediante un agente reductor (generalmente sulfato amónico ferroso). La diferencia entre la cantidad

inicial de dicromato y la determinada por valoración con el agente reductor, es la consumida en la oxidación de la materia orgánica presente en el efluente. La DQO es igual a la cantidad de dicromato consumido, expresado como mg/L de oxígeno presente en la disolución (1 g $K_2Cr_2O_7$ = 0,381 g de oxígeno). La toma de muestra se debe hacer inmediatamente antes del análisis o, tras acidular la misma con ácido sulfúrico a $pH \leq 2$, antes de 5 días, conservándose en nevera y en la obscuridad o antes de un mes congelando a $-20\text{ }^\circ\text{C}$. Siempre (p. 6).

2.2.9.4. Nitritos y Nitratos

En palabras de Marin (2011) manifiesta que los nitritos se consideran un estado intermedio de la oxidación que se da entre los nitratos y el aluminio, así mismo en las aguas superficiales en el que su agrupación no suele superar a los 0,100 mg/L, siendo mucho más mayor en los ríos contaminados principalmente por las aguas residuales ya sean urbanas y/o industriales. Sin embargo los nitratos “en las aguas de la superficie no contaminada, en el que no tienden a superar los 10 mg/L, pero en las aguas subterráneas que están contaminadas por los abonados y por lo tanto pueden superar ampliamente a los 50 mg/L” (Marin el desarrollo de las plantas acuáticas e incluyendo para los animales, Para Barnechea (2004) indica que pasa por un proceso de nitrificación que depende de la temperatura, por tanto los nitratos como las sales del ácido nítrico, del HNO_3 que son muy solubles en el agua debido a la polaridad del ion, en el cual los nitritos como sales de ácido nitroso y HNO_2 son muy solubles en agua. Por lo indicado es que se da la causa de que los nitritos se convierten ágilmente para dar nitratos y este último prevalecen en las aguas, sean en superficiales como en subterráneas.

2.2.9.5. Oxígeno disuelto

La presencia del oxígeno disuelto es esencial ya que su procedencia principal es del aire, ya que la solubilidad de un gas en un líquido es verdaderamente conveniente a la presión que, de la temperatura, por lo que se tiene la verbigracia en la que se muestra que el agua destilada tiene la capacidad de disolver más oxígeno, en cambio el agua cruda no es capaz de diluir oxígeno. Según Barnechea (2004) “El agua potable debe contener cierta cantidad de oxígeno disuelto” (p. 42).

2.2.9.6. Plata

En la conceptualización de la OMS (2006) señala que la plata se encuentra presente de una forma más natural que primordialmente en una forma de óxido, insolubles e inmóviles, de los sulfuros y de algunas sales. La detección de este elemento químico se encuentra en aguas superficiales y en subterráneas, considerando que en el agua que se consume tiene 5µg/l, en cambio en el agua que es tratada con la plata para su purificación supera 50 µg/l, por lo que cada día una persona suele consumir 7 µg (OMS, 2006). En lo que manifiesta Barnechea (2004) que las guías canadienses suponen que el límite no debe ni puede excederse de 0,05 mg/L en agua de consumo humano.

2.2.9.7. Plomo

Marin (2011) dice que en las aguas naturales que no se encuentren contaminadas, el contenido en Pb total ya sea como el disuelto, lo coloidal y el que este asociado a las partículas, oscila entre 50 µg/L y 10 mg/L, pero mientras que la fracción de Pb disuelto no puede superar los 10 µg/L. Así también, para OMS (2006) señala sobre la cantidad que se disuelve de muchas instalaciones de fontanería acata varios

factores como puede ser el pH, la dureza del agua, la temperatura y el tiempo de la estabilidad del agua en la instalación, por tanto, el plomo es lo más soluble en las aguas blandas y ácidas.

2.2.9.8. Sulfato

Es un componente que es parte de las aguas superficiales, así para Barnechea (2004) menciona que pueden proceder de la oxidación de los sulfuros que existen en el agua por la cual, en la función del contenido de calcio, en el que podrían distribuirle un carácter ácido

2.2.9.9. Otros elementos

Los elementos químicos en el agua son diversos, muchos de ellos en el transcurso se incorporan al líquido, en el documento de la OMS (2006) en el que menciona aluminio, amoníaco, antimonio, arsénico, bario, benceno, boro, cloruro, cloro, cobre, cromo, cianuro, fluoruro, yodo, hierro, mercurio, Niquel, sodio y otros.

2.2.10. Microbiología del agua

El agua como recurso elemental para muchas actividades humanas se encuentra expuesto a diferentes factores que pueden alterar su calidad biológica y que esta logra ocasionar cambios ya sean simples o complejos. Arcos, Avila, Estupiñan y Gomez (2005) indican:

El control de la calidad microbiológica del agua superficial, requiere de análisis dirigidos a determinar la presencia de microorganismos patógenos; los agentes involucrados en la transmisión hídrica son las bacterias, virus y protozoos, que pueden causar enfermedades con diferentes niveles de gravedad, desde

gastroenteritis simple, hasta casos fatales de diarrea, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea (p. 69).

La microbiología en la consideración de Romero (2000) dice que todo organismo tiene un hábitat y un medio ambiente para mantenerse dentro de una estructura orgánica. En palabras de Orellana (2005) sobre el origen de los microorganismos constituyen un hábitat natural, como también estas pueden provenir de contaminaciones que realiza el hombre sea por industria o domésticas, además se denota por el arrastre de ciertas sustancias a consecuencia de la lluvia; se señala que los microorganismos van seguidos paralelamente con ciertas características sean físicas o químicas.

Según Aurazo (2004) sostiene al respecto:

“Alterar su calidad biológica y ocasionar cambios simples o complejos y con diferentes niveles de intensidad. Esta alteración se puede originar en eventos naturales o en actividades antropogénicas, como el uso doméstico del agua y la consiguiente producción de aguas residuales, de la industria, minería y agricultura, entre otras” (p. 59).

La contaminación del agua produce microorganismos patógenos que provocan enfermedades a la población que la consume, el uso de aguas superficiales implica a que la probabilidad de contraer enfermedades es de alto riesgo y peligro. Por lo que estos patógenos son “...las bacterias, virus y protozoos, helmintos y cianobacterias” (Aurazo, 2004, p. 59). En cambio, para Chávez (2007) señala que las aguas subterráneas que no tiene contacto con las aguas residuales, que se encuentran bajo el subsuelo tiene poca probabilidad para desarrollar

microorganismos. A pesar de ello, Orellana (2005) manifiesta que los patógenos más frecuentes son las de *Pseudomonas*, *Serratia*, *Flavobacterium* y *Achrombacterium*, ya que las aguas superficiales tienen mayor contaminación por los residuos fecal que contamina por las vertientes de desagüe, la presencia de estos patógenos es proporcional al incremento de la densidad de la población.

La OMS (2006) en su informe microbiológico detalla sobre los agentes patógenos transmitidos por el agua y sobre microorganismos siendo las siguientes:

- a) Bacterias patógenas: las bacterias patógenas que pueden ser transmitidas por el agua, y que producen infección al aparato respiratorio, lesiones de la piel, las cuales pueden ser: acinetobacter formado por cocobacilos, aeromonas formado por bacilos gramnegativos, Cepas patógenas de *Escherichia coli* se encuentra presente en la microflora, *Helicobacter pylori*.
- b) Virus patogénicos: Están agrupados con la transmisión básicamente por el agua en el que pueden transmitir el aparato digestivo, encontrándose: Adenovirus excretan en cantidades abundantes en las heces humanas, Astrovirus presentes en las aguas residuales, Calicivirus se encuentran en las aguas residuales domésticas, en los alimentos y en el agua, Virus de la hepatitis A excreta en la materia fecal de las personas que están infectadas por el Virus de la hepatitis E se encuentran en cualquier ambiente contaminado por heces humanas.
- c) Helmintos patógenos: Proviene de la palabra griega que representa «gusano» por lo cual se refiere a todos los tipos de gusanos, que son los parasitarios como los no parasitarios, se tiene: *Dracunculus medinensis* está definida geográficamente a los países de una franja central del África subsahariana;

Fasciola spp es considerado como el problema veterinario, por ello hay problemas de salud graves, en el que están asociados a la fascioliasis en los diferentes países andinos (Bolivia, Perú, Chile, Ecuador), el Caribe (Cuba), el norte de África (Egipto), Oriente Próximo (Irán y países vecinos) y Europa occidental (Portugal, Francia y España).

- d) Cianobacterias tóxicas: Se refiere a las bacterias fotosintéticas que participan con algunas propiedades, especialmente con las algas y en lo específico conservan clorofila y por ende liberan bastante oxígeno cuando se realiza la fotosíntesis.
- e) Los microorganismos: Se refiere al total de las bacterias coliformes que estén presentes en las aguas residuales como también en las aguas naturales; Escherichia coli y bacterias coliformes termotolerantes se encuentran en las aguas residuales y en el agua que se encuentra expuesta a una contaminación fecal;

Los patógenos mencionados son clasificados por la OMS en la que describe de cada una de ellas su origen y la consecuencia que ocasiona a la salud de la persona, de la misma forma La Dirección General de Salud Ambiental (2006) indica sobre las bacterias coliformes fecales que son definidos como bacilos gram (-) con producción de ácido y gas a 44,5°C. Así también, para Janda y Duffy (1998) indican que la presencia de coliformes en el agua es indicio de que está contaminado con aguas servidas u otro tipo.

2.2.11. Contaminación de aguas superficiales

La composición química del agua y la composición del agua contaminada tiene mucha variación, el desequilibrio que nuestra en el ambiente es a consecuencia de la actividad humana, es decir aquel que hacer diario de la vida cotidiana provoca determinados cambios en el ecosistema y una visualización es aquella agua servida que se vierte al río, lago u otra área donde hay la existencia de vida silvestre y acuática. Napoles y Abalos (2008) dicen al respecto que la presencia de sustancias que afectan su calidad de composición del ambiente provoca un desequilibrio en el ecosistema, ya que los organismos y factores ecológicos interactúan ordenadamente.

Según Suller (2009) en su tesis contempla acerca de la contaminación como aquel que se origina de forma biológica y química, siendo en el primero aquellos patógenos ya mencionados en párrafos anteriores, estos microorganismos tienen presencia en el agua sea esta por los desechos inapropiados del hombre. En cambio, para Arcos et al. (2005) indica que en las zonas rurales la contaminación es a consecuencia de la defecación a campo abierto, por ello que el consumo del agua puede contaminarse cuando entra al sistema de distribución, uno de los problemas es la mala construcción de pozos o depósitos y el inadecuado, mantenimiento de estas instalaciones.

2.2.12. Agentes patógenos transmitidos por el agua

Las corrientes de agua, como los ríos son muy importantes porque mantienen un balance en el ecosistema, pero actualmente muchos de estos ríos contienen bacterias provenientes de los desechos humanos y animales, además de encontrar muchos

residuos sólidos en lugares húmedos como en los ríos, pozos o en donde se encuentre el agua estancada, estos pueden sufrir una descomposición. El agua como consumo inadecuado presenta bacterias, parásitos, hongos y virus lo cual aparece comúnmente, las actividades antropogénicas logran favorecer a la contaminación poniendo en riesgo la salud de la propia humanidad. Según Rios, Agudelo y Gutiérrez (2017) sostienen que “la falta de seguridad del recurso hídrico hace que la comunidad quede expuesto al riesgo de brotes de enfermedades relacionados con el agua” (237-238). Por ello se indica que los microorganismos patógenos pueden dividirse en tres: bacterias, virus y parásitos, cada uno de estos patógenos puede encontrarse en aguas superficiales y subterráneas.

a) Bacterias: denominados bacterias fecales a los provenientes de tracto gastrointestinal sea de humano o de animales, dentro de ello se tiene *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Gallionella*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Bordetella*, *Neisseria*, *Moraxella* y *Acinetobacter* (Rios et al., 2017). Para Arcos et al. (2005) mencionan que se encuentran presentes en el tracto gastrointestinal en las grandes cantidades, por lo cual subsisten por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas y por ende se permiten de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección.

b) Virus: considerados como los causantes de la morbilidad y mortalidad en las enfermedades de transmisión hídrica, por lo que se han reportado la existencia de 140 tipos de virus, las principales son: Enterovirus, Virus de la hepatitis, Rotavirus, Calicivirus (Rios et al., 2017). Para Arcos (2005) dice que los virus no se encuentran en las heces humanas, sino que se encuentran presentes en el tracto gastrointestinal del individuo.

c) Parásitos: Este tipo de patógenos se clasifica en dos: los protozoos y los helmintos, ya que el primero es unicelular y el segundo es causado por el contacto con el agua contaminada (Arcos et al, 2005).

d) Patógenos emergentes: En la actualidad se han encontrado nuevos patógenos a causa de contaminación del agua, los cual se denomina algas verdes-azules (Rios et al., 2017).

2.2.13. Métodos de análisis bacteriológicos del agua

El agua es un recurso esencial para la vida, sin embargo, este recurso hídrico puede llegar a ser peligroso por los gérmenes que contiene, ya que el agua no tratada adecuadamente es un peligro inminente para los que consumen estos recursos hídricos, por lo cual se requiere realizar análisis y evoluciones bacteriológicas. Estas pruebas que se realizan deben de cumplir con los estándares de nivel internacional, ya que se requieren determinar si el agua contiene microorganismos fecales.

La presencia de estos patógenos en el agua provoca enfermedades a los individuos que los consumen, por ello, es necesario evaluar mediante métodos en el origen y en el final el agua transportada para la engestada adecuada. Según Marin (2003) considera que los microorganismos que son más abundantes son del grupo de los cloriformes fecales; la presencia de este patógeno es a una contaminación fecal, sin duda, la contaminación que se observa en la región de Puno es por las aguas servidas lo que produce microorganismos de tipo fecal.

Los métodos que se utilizan son:

a) Método de filtro de membrana:

Consiste en la detección de coliformes totales y los fecales, esta técnica de filtro de membrana consiste en que un cierto volumen de muestra tiene que pasar por un filtro de membrana y las bacterias son retenidas, por lo cual la determinación de coliformes fecales que pasa por filtración y puede realizarse a partir de las colonias desarrolladas directamente incubando la membrana a 44,5°C.

La muestra tiene que pasar por un filtro de celulosa de 0.45 micras de tamaño de poro.

b) Método del Numero Más Probable (NMP):

Se le denomina del mismo modo como la prueba de los tubos múltiples, su utilización es para establecer la presencia de los coliformes totales, fecales y termo tolerantes, por lo que Soler (2006) dice que el método se fundamenta en que las bacterias coliformes, que realizan la fermentación de la lactosa incubadas a un $35 \pm 1^\circ\text{C}$ todo por las 24 a 48 horas, implicando una determinada producción de ácido y gas el cual se manifiesta en las campanas de fermentación y en cuanto el crecimiento del mismo modo es efectuado por medio de la presencia de turbidez en el medio.

2.3. Marco conceptual

1. Aguas residuales

Son aquellas aguas en la que sus características originales fueron alteradas por las diferentes actividades humanas, en el que por su calidad necesita un tratamiento previo antes de que sean reusadas o antes de que sean vertidas a un

cuerpo natural de agua o como también al sistema de alcantarillado (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014).

2. Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas son las filtraciones que se realizan dentro de un terreno por los poros y grietas del suelo para luego llegar a una determinada profundidad en el que todos los huecos se encuentran llenos de agua, de esta forma esta zona se puede denominar zona de saturación o capa freática, además su límite superior se llama superficie de saturación o también superficie freática (Fuentes, s.f).

3. Agua potable

Se puede definir como el agua que se encuentra apta para el consumo humano y a la vez que cumpla diferentes funciones para la calidad de vida con los requisitos químicos, físicos, bacteriológicos, etc.

4. Bacterias patógenas

Las bacterias son seres vivos de un tamaño microscópico, se encuentran presentes en el suelo, en el agua, en el aire, en los seres vivos y también entre los animales domésticos, pero no solo en los animales sino en las personas también, y estas bacterias patógenas si se encuentran en los alimentos, por ende, pueden originar las intoxicaciones y toxiinfecciones alimentarias (Consumoteca, 2010).

5. Coliformes fecales

Básicamente este concepto destina a un grupo de las especies bacterianas que poseen algunas características bioquímicas relevantes y en común, del mismo modo son vistas como los indicadores de la contaminación del agua y de los alimentos, en otro sentido los coliformes fecales son microorganismos que tienen una organización parecida a una bacteria común que lleva por nombre *Escherichia coli* y desde luego todo ello se transmite por medio de los excrementos (Ciarq, 2015).

6. Coliformes termotolerantes

Los coliformes termo tolerantes, están referidas de esa forma porque aguantan las temperaturas de 45 °C, por ello perciben un número de pocos microorganismos, de esta forma, también se dice que son indicadores de la calidad por su origen, ya que en su gran mayoría están significados por *E. coli*, del mismo modo este tipo de coliforme forman el grupo de los coliformes totales, sin embargo se distinguen de estos últimos, ya que su intervalo de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio (hasta 45 °C) (Ciarq, 2015).

7. Conductividad

Es denominada como una medida de la propiedad que tienen las propias soluciones acuosas para poder transmitir la corriente eléctrica, para lo cual esta pertenencia depende de la presencia de los iones, de la forma de su concentración, de su movilidad, de la valencia y también de la temperatura de medición, para lo cual las soluciones de la gran parte de los combinados inorgánicos son buenas conductas (Suarez, 2006).

8. Contaminación

La contaminación está referida a la presencia en el agua, en el suelo y en el aire de las diferentes sustancias o las diferentes formas de energía no deseables en las agrupaciones en el que puedan afectar o dañar al confort, a la salud, la felicidad o el bienestar de las personas e incluso al uso y al disfrute de lo que fue contaminado (Encinas, 2011).

9. Cuenca hidrográfica del lago Titicaca

Este término se denomina como el territorio en el que las aguas fluyen al lago por medio de una red de causas secundarios, del mismo modo desembocan en un cause más principal y único, en el sentido más concreto el lago Titicaca se puede decir que es un cuerpo de agua o una extensión de la misma, en el que envuelve una parte del territorio peruano.

10. Grupo Coliforme

El grupo coliforme está referida por la presencia constante y principalmente de la materia fecal, ellos tienen la capacidad de sobrevivencia y también la capacidad para poder dispersarse fuera del intestino de la misma manera se observan en las aguas potables, en la cual el grupo coliforme se maneja como principal indicador de la contaminación fecal en el agua; y cuando mayor es el número o la reproducción de los coliformes en el agua, mayor será la posibilidad de estar frente a una contaminación reciente que exista (Camacho, M.Giles, Ortegón, Palao, Serrano y Velázquez, 2009).

11. Límite máximo permisible

Es definida como un instrumento de gestión ambiental, en la cual está predestinado de una forma más inmediata y directa a poder controlar toda la contaminación y también su impacto en los medios en que se respaldan la vida y en la cual aplica a las emisiones, del mismo modo a la atmosfera y por ultimo a los vertimientos del agua, entre otros, por ello se considera como un instrumento de una gestión ambiental de tipo controlador (De la Puente, s.f).

12. Toma de muestra

Se puede definir a la toma de una muestra como el conjunto de muchos ordenamientos que son consignados para conseguir una parte representativa y cuantitativamente a partir de un todo (Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, 2011).

13. Meandro

Son aquellas misteriosas curvas que siguen un curso de un modo reiterativo y que describen perezosamente algunos ríos, en si se forman con mucha facilidad en todo el río, específicamente en las llanuras aluviales, estos médranos son estudiados por los ingenieros dedicados a la hidráulica fluvial (Rocha, 2010).

14. Parámetros físicos de la calidad del agua

En cuanto a este término se puede definir como las características del agua que se expresan directamente a los sentidos de la vista, a los sentidos del tacto, a los sentidos gusto y por ultimo a los sentidos del olfato o también

pueden ser los sólidos suspendidos como de turbiedad, de sabor, de olor, de color y no está de más decir de temperatura.

15. Parámetros Químicos de la calidad del agua

Básicamente este concepto está referida a los parámetros químicos que se encuentran relacionados con la capacidad del agua, todo esto para poder disolver las diferentes sustancias, en este caso son los sólidos combinados, materias orgánicas, alcalinidad, metales, dureza, fluoruros, y nutrientes.

16. Residuo solido

Un residuo puede ser definido como cualquier resto o cualquier material que es proveniente de un proceso de producción, de cambio o una utilización en el que sea dispuesto como material usado y que su beneficiario en otras palabras su productor obtenga toda la obligación o de desprenderse de él (Bertolino, Fogwill, Chidiak, Cinquangelis y Forgione, s.f).

17. pH

En lo concreto se puede definir como, el logaritmo negativo de la concentración de iones hidroxonio cuya fórmula es $pH = -\log_{10}[H^+]$ γ H^+ , el pH es una medida de la acidez o de la alcalinidad de una sustancia, *Norberto F.* (2001), señala “los seres humanos necesitamos un constante consumo de alimentos alcalinos para neutralizar la continua generación acida de nuestro metabolismo”

18. Temperatura

La temperatura está referida a la propiedad física, en la cual generalmente se refiere a los elementos más comunes de calor o también de ausencia de calor, pero su importancia es mucho más compleja, y que principalmente, se puede decir que se considera como una medida de la mayor o menor agitación de las moléculas o átomos que constituyen un cuerpo y es directamente proporcional a la energía.

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La investigación que se realizó es de tipo descriptiva: El estudio tiene como objetivo central la descripción de una situación del cómo resulta la evaluación de la calidad del agua del río Coata. Para lo cual se ubica en un primer nivel de un conocimiento científico, por ende, para dicha investigación se utilizó la observación, la descripción y la medición, a través de una muestra representativa de la población que se toma como estudio.

3.2. Diseño de investigación

En cuanto al diseño de investigación es el descriptivo simple, de esta forma el investigador se plantea un propósito, busca y recoge información que esté relacionada con el objeto de estudio, y durante el proceso de investigación no se presenta la administración o control de un tratamiento, desde luego este estudio consistirá en la toma de una muestra directa del agua del río Coata, el esquema será el siguiente:

M - O

Donde:

M: Muestra, con las cuales vamos a realizar el estudio.

O: Es la información (observaciones) más importante o de interés que se recoge de la de la muestra

3.3. Población y muestra

La muestra se determinó de la siguiente manera:

Se tomaron las muestras en tres zonas A, B y C con cinco repeticiones haciendo un total de 45 muestras de agua del río Coata como se detalla en el en el siguiente:

Tabla 2

Muestras zonas A, B y C

Zonas de muestreo	Repeticiones análisis físicos	Repeticiones análisis químicos	Repeticiones análisis bacteriológicos	Total de muestras
Zona "A"	5	5	5	15
Zona "B"	5	5	5	15
Zona "C"	5	5	5	15
Total	15	15	15	45

Fuente: elaboración propia

Criterios de inclusión

Se decidió considerar el curso inferior del río Coata, donde se encuentran las zonas A, B y C de muestreo, por presentar la zona de mayor contaminación observable y la que en la actualidad presenta conflictos con la población de Coata, debido a que se ubica en la parte de efluente hacia el lago Titicaca, además en dichas zonas la población aledaña es proclive a malas prácticas ambientales.

El criterio para realizar la evaluación sólo en la época de avenida o lluviosa (meses de noviembre a febrero), se fundamenta en que, dicha época los caudales son mayores, consiguientemente existe remoción de materiales en el cauce del río. También es propicio manifestar que en época de estiaje el consumo de agua disminuye significativamente, y también otras instancias deberán de asumir trabajos en épocas de estiaje debido a que estos valores son muy importantes para estudios posteriores.

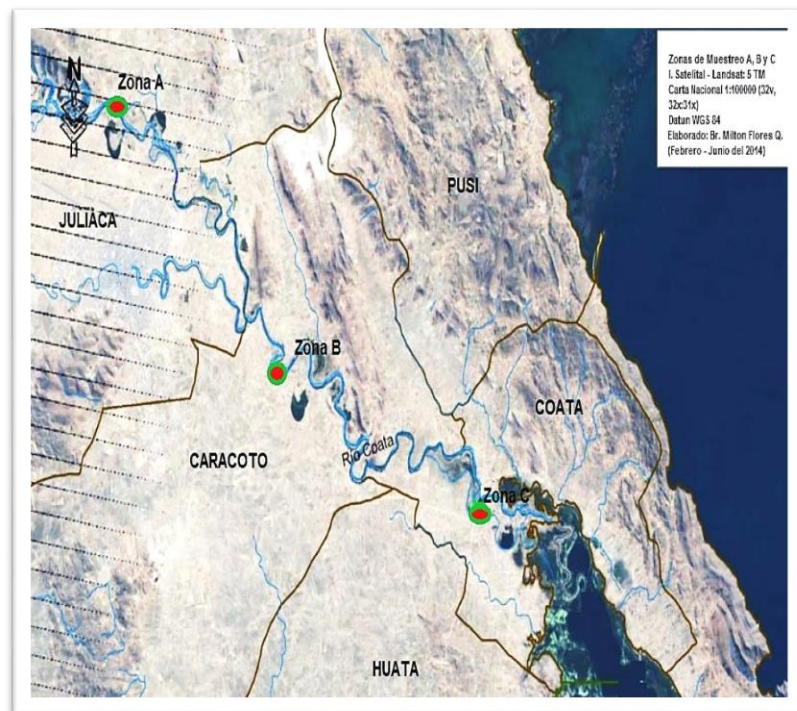


Figura 1: Mapa de ubicación con las tres zonas de muestreo (A, B y C)

Los puntos de muestreo para los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos se realizaron según los siguientes códigos (1761RCoata1, 1761RToro, 1761RCoata2), el análisis físico - químico se realizó en el laboratorio de control de calidad del agua en el (INIA).

Geográficamente la cuenca del río Coata se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM (WGS84): Norte: 8'328,509 – 8'239,696

Este: 282,907 – 401,525 Variación Altitudinal: 5 300 m.s.n.m. – 3 800 m.s.n.m.

Hidrográficamente la cuenca del río Coata limita por el Norte con la cuenca del río Ramis, por el Sur con la Cuenca del río Illpa, por el Este con el Lago Titicaca y por el Oeste con las cuencas de los ríos Chili y el río Siguas en Arequipa.

Las zonas de estudio fueron:

ZONA “A” (1761RCoata1). - Se halla ubicado al Nor – oeste de la ciudad de Juliaca, distrito de Juliaca, empezando en el puente Maravillas 1761RCoata1 hasta 1761RToro comprendiendo las localidades de la ciudad de Juliaca hasta el Riachuelo Torococha

ZONA “B” (1761RToro). - Se halla ubicado al Nor – oeste de la ciudad de Coata, distrito de Coata, empezando desde el 1761RToro hasta el 1761RCoata2 comprendiendo las localidades del riachuelo Torococha hasta el puente Independencia, 1761RCoata2.

ZONA “C” (1761RCoata2). - Se encuentra ubicado en la misma ciudad de Coata, distrito de Coata, empezando en el puente Independencia 1761RCoata2 hasta la misma ciudad de Coata.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Análisis de agua

Toma de muestra de agua de río

La metodología de análisis fue según la Norma Técnica Peruana ITINTEC 214.003-5; el cual se detalla a continuación.

Las muestras se tomaron en un volumen de 500 ml en frascos estériles de boca ancha. Para la toma de muestra de aguas de río Coata, se quitarán las envolturas de papel kraft, y la tapa de frasco estéril.

En la fuente de agua, se colocó en el cuello del frasco una cuerda estéril y se procedió a retirar la envoltura y tapa, luego se sumergió a una profundidad de 50 cm en forma vertical, luego se procedió a realizar arrastre en contra de la corriente, posteriormente se recoge el frasco con el líquido en su interior para ser cerrado y etiquetado.

Cada muestra fue etiquetada con la siguiente información: número de muestra, teniendo en cuenta la fecha y la hora de la toma de muestra, tomando en cuenta el nombre de la provincia, distrito, nombre y referencia del lugar de la toma de muestra; finalmente el nombre del recolector.

3.4.2. Método de laboratorio

3.4.2.1. Determinación de los parámetros físicos

Para los parámetros físicos, principalmente se utilizaron los estándares nacionales de la calidad ambiental para aguas (Estándares Nacionales de Calidad Ambiental

para agua, D.S. 02 -2008 MINAM), y los métodos encargados fue por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 1998).

Temperatura (T°)

Fundamento

Es considerada como la magnitud física que muestra la intensidad del calor y del frío de un determinado cuerpo, objeto o del mismo ambiente, por ello es medido por un termómetro, de esta forma el concepto de calor está relacionado con una temperatura más alta, sin embargo, en el término frío se refiere a una temperatura más baja, desde luego la temperatura se midió en grados Celsius (°C).

Procedimiento

En un matraz estéril de 250 ml, se vierte un volumen de 50 ml de muestra de agua a analizar, se enjuaga, tres veces con agua destilada antes del análisis.

La medición se realizó con el Medidor Multiparámetro Sensión 156 30QD marca HACH, el mismo que muestra de forma más rápida y precisa el valor primordial de la temperatura, así mismo el electrodo está compuesto en la carcasa y los valores de la medición y se ajustan gracias a la compensación de temperatura automática.

Primero se calibrará el equipo para la medición de la temperatura, rápidamente se introduce el electrodo en la muestra de agua y se procede a anotar los resultados reportados.

Determinación de la conductibilidad eléctrica

Fundamento

Parámetro por el cual se mide la capacidad de un material o un cuerpo para dejar circular o dejar pasar libremente la corriente eléctrica, la conductividad eléctrica depende de la estructura atómica y molecular del material o cuerpo a evaluar.

En cuanto a la conductividad eléctrica determina un término numérico frente a la capacidad de una solución para poder trasladar una corriente eléctrica, del mismo modo esta capacidad depende mucho de la presencia de los iones, así mismo de su agrupación total, valencia, movilidad y las concentraciones relativas, como es la temperatura (Frias y Montilla, 2016)

Procedimiento

Se recolectó las muestras de agua de las tres zonas de estudio en frascos de vidrios esterilizados de boca ancha y almacenada a menos de 10 °C para la preservación de las muestras.

Se utilizó un pequeño matraz de 100 ml limpio y seco, al cual se le agregara 50 ml de la muestra de agua en el respectivo estudio.

Inmediatamente se introduce el electrodo del Medidor Multiparámetro Sensión 156 30QD marca HACH, hasta que el equipo estabilice la lectura. Una vez que se ha conseguido los datos se compara con los esquemas de la calidad ambiental para el agua de río.

La lectura se realizó anotando los valores obtenidos con las cifras significativas de acuerdo a la precisión del medidor.

Determinación de la concentración de sólidos disueltos totales (TSD)

Fundamento: El valor de los sólidos disueltos totales que mide particularmente el total de los residuos sólidos llamados filtrables como son los residuos orgánicos y sales por medio de una membrana con poros que son de 2,0 μm o más pequeños, de esta forma los sólidos deshechos consiguen afectar adversamente a la calidad de un determinado cuerpo de agua y también al efluente de diferentes formas, así mismo las aguas para el consumo humano, que tienen un alto contenido de los sólidos disueltos, logran ser de mal agrado para el paladar y por ende pueden provocar a una reacción fisiológica adversa en el consumidor (Pérez y Rodríguez, 2008).

Procedimientos:

- Se colocó en un vaso de precipitado aproximadamente 40 ml de muestra de agua a analizar.
- Seguidamente se introdujo el electrodo del conductímetro, se presiona dos veces la tecla Mode, hasta que se estabilice, para luego tomar nota del valor de los sólidos disueltos totales (Belizario, 2002; Jimeno, 1998)

3.4.3. Determinación de los Parámetros Químicos

En cuanto a los parámetros químicos, se utilizó los modelos nacionales de calidad ambiental para aguas (Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua, D.S. 002-2008 MINAM), y del mismo modo los métodos recomendados por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 1998).

Potencial de hidrogeniones “pH”

Fundamento:

El principio básico de la medida electrométrica del pH se establece en el registro potenciométrico de las diferentes actividades de los iones hidrogenico por el uso adecuado de un electrodo de vidrio y un determinado electrodo de referencia, de esta forma se dice que la fuerza electromotriz (fem) es originada por el sistema electroquímico, esta varía linealmente con el pH vs fem para las diversas soluciones de pH conocido como el pH de la muestra, se establece por interpolación (Gonzalez, 2013).

Procedimiento

La medición se realizó con el Medidor Multiparámetro Sensión 156 30QD marca HACH, el mismo que manifiesta de forma rápida y precisa el valor del pH.

Se calibrará con las soluciones (Power/2nd) a un pH 4, en un volumen de 50 ml de muestra de agua, el electrodo de medición se colocará dentro de la primera muestra dejando que se establezca por al menos 1 minuto, posteriormente se realizara la lectura con precisiones de 0,1 unidades o 0,001 unidades.

Se registró el valor obtenido con cifras significativas de acuerdo a la precisión del medidor de pH-metro que se esté utilizando y al análisis que se esté realizando. (Centro Nacional del Medio Ambiente y Servicios Agrícolas y Ganaderos, CENMA y SAG, 2006).

Demanda bioquímica de oxígeno DBO

El proceso de análisis de laboratorio para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) se fundamenta en:

Fundamento

A medida que pasa los 5 días las bacterias oxidaron, así mismo ya sea con el constante gasto de oxígeno del interior de la botella, de este modo estas bacterias, se manifiesta porque al proceso de respiración, se presenta el dióxido de carbono, en la que es absorbido principalmente por las lentejas de sosa, por ello este transcurso provocó una disminución en lo interior de la presión atmosférica, que fue medida con el sensor piezoeléctrico u oxitop.

Procedimiento

- Se tomó en un frasco de color acaramelado 250 ml de muestra de agua del río, esto con la finalidad de evitar que la luz pueda introducirse en su interior, de esta manera eliminar las posibles reacciones fotosintéticas generadoras de gases.
- Se agregó de 3 a 4 lentejas (tabletas) de Hidróxido de Sodio, luego se procederá a tapar el oxitop y llevarlo a la estufa por 5 días, se programará el equipo, el cual leerá por los 5 días los niveles de DBO₅,
- Al final de los 5 días se tomó los datos contenidos en el oxitop para sacar el valor multiplicado por los 5 días en mg/L.

Determinación de sulfatos

Fundamento

Básicamente se fundamenta en la medida de turbidez que es provocada primeramente por la reacción de la precipitación del ion sulfato con una sal barica en el medio ácido, entonces esta precipitación se puede decir que llevó a cabo en las situaciones en la cual se formen los cristales de sulfato de bario que es de un tamaño muy uniforme, en el que tienen que proteger en suspensión más homogénea durante una etapa que sea de tiempo suficiente para poder medir el sulfato.

Procedimiento

Se colocó 50 ml de muestra de agua en un matraz de 250 ml, seguidamente se adicionará 0,03 g del indicador cloruro de bario y se agita durante un minuto dejando reposar por 10 minutos.

Se calibró el espectrofotómetro con agua destilada.

Se colocó en un micropocillo la muestra preparada y seguidamente se medirá en el equipo la transmitancia.

Finalmente se procedió a realizar la lectura del resultado y se compara con el cuadro de sulfatos previamente determinados.

El resultado final se halló mediante la siguiente fórmula química y la tabla para determinar el ion sulfato.

$$\% T = X (\text{ver tabla})(\text{mg/ml} \times 10^{-3} \text{ de sulfato})$$

$$\text{mg/L SO}_4 = \frac{\text{Lectura tabla} \times 10^3 \text{ ml} \times 100}{\text{ml de la muestra}}$$

Determinación de nitratos

Se utilizó la técnica espectrométrico ultravioleta selectivo.

Para lo cual esta técnica únicamente se maneja para poder seleccionar las pautas con un bajo contenido en la materia orgánica como son las aguas naturales incontaminadas y los suministros de agua potable.

Las medidas de absorbancia -UV a 220 nm admiten el valor de nitratos que son absorbentes a esta longitud de onda, porque las materias orgánicas de la misma manera logran absorber a esta longitud de onda, por ello debemos inventar una segunda lectura a 275 nm para poder alcanzar la medida relativa sólo a nitratos.

Instrumental:

- El espectrofotómetro para el uso a 220 nm y 275 nm.
- Cubetas de sílice similares, de 1cm de recorrido de luz o más.

Reactivos:

- El agua desionizada o destilada de una máxima pureza para poder dar soluciones y disoluciones.
- En cuanto a la solución madre de nitrato, para la cual corresponderá secar nitrato potásico KNO_3 en un horno que es a $105^\circ\text{C}/24$ horas, luego disolver 0,7218 gramos en agua con una balanza analítica y diluir a 1,000 mL (1mL = 100 mg NO_3^- -N).

- La solución intermedia de los nitratos es diluir 100 mL de la solución madre de nitrato a 1,000 mL con agua (1,00 mL=10,0mg NO_3^- -N).
- La solución de ácido clorhídrico HCl 1N.

Procedimiento:

En cuanto al tratamiento de la muestra:

Sobre los 50 mL de la muestra transparente, filtrada si fuera justo, aumentar 1mL de solución de HCl y poder homogeneizar.

En cuanto a la preparación de la curva de los patrones:

Se han de tomar medidas de los estándares de calibrado de nitrato en el rango de 0 a 7 mL NO_3^- -N/l por una dilución a 50 mL de los siguientes volúmenes de una solución intermedia de nitrato, por ello se han de tratar los patrones de NO_3^- del mismo modo que las muestras.

En cuanto a la medida espectrofotométrica:

El leer sobre la transmitancia o absorbancia por al agua destilada, con la que anticipadamente se ha ajustado a una absorbancia 0, pero para esta valencia se manejará la longitud de onda de 220 nm para poder lograr la lectura de NO_3^- y 275nm todo esto para establecer la interferencia.

En cuanto a la expresión de resultados:

Para las muestras y los patrones debemos restar 2 veces más la absorbancia leída que es de 275nm de la lectura a 220nm para poder conseguir la absorbancia debida a los NO_3^- y por ende construir la curva de calibrado de la cual se logra la agrupación de la muestra de los detergentes, nitritos y Cr^{6+} pueden provocar distorsiones en las medidas.

3.4.3.1. Método bacteriológico

Se aplicó los métodos recomendados por la APHA (American public health association, 2005) y los métodos recomendados por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 1998).

Metodo del Numero Mas Probable (NMP)

Determinacion de coliformes totales y termotolerantes

Fundamento

El método de número mas posible NMP que es el calculo de la densidad probable de las llamadas bacterias coliformes en la combinacion de los resultados mas positivos y los resultados negativos que obtiene en cada dilucion. Con una probabilidad de 95% en 100 ml de agua.

Procedimiento

Test presuntivo

En el laboratorio en condiciones de esterilidad y con los medios de cultivo estériles se procedera a realizar el analisis bacteriologico.

Se prepararan tres grupos de tubos en 10 ml de caldo lactosado de doble concentracion y 06 tubos con caldo lactosado de simple concentracion, cada tubo con su correspondiente tubito de Durham invertido.

Con una pipeta esteril se procede a realizar la inoculacion de la muestra de agua de rio en volumenes siguientes:

Al primer grupo de tres tubos con caldo lactosado de doble concentración se inocularon 10 ml de agua y al segundo grupo de tres tubos con caldo de simple concentración, 1 ml de agua y el tercero grupo de concentración simple, 0.1 en cada uno de los tubos. Los tubos se agitaron suavemente para obtener una mezcla uniforme y se incubaron por un tiempo de 48 horas a 37 °C, transcurrido el tiempo se observó la fermentación de lactosa y la presencia de gas en los tubos de caldo lactosado, los tubos con fermentación y presencia de gas se consideran positivos.

Test confirmativa para coliformes totales

Cuando se da la fase confirmativa se empleó el medio de cultivo caldo verde brillante bilis lactosa, que es selectivo y solo permitió el progreso de las bacterias son capaces de tolerar las sales biliares (Camacho, *et al.*, 2009).

Para la prueba se obtuvo un inóculo con el asa de platino de los tubos positivos de la prueba anterior y se inocularon en tubos contenidos con caldo verde brillante bilis lactosa y tubos de Durham invertidos, los tubos inoculados se mezclaron y se incubaron a temperatura de 37 °C por 24 horas.

El cálculo de la densidad de coliformes totales y para coliformes termotolerantes a 45 °C, se realizó realizando la lectura de los tubos con caldo verde brillante bilis lactosa y comparando el número de tubos positivos con la tabla del número más probable, el valor expresado por la tabla determinó el cálculo de bacterias microorganismos coliformes totales y termotolerantes en 100 ml de muestra:

$$\underline{\text{Valor de la tabla del NMP} \times 100} = \text{NMP}/100 \text{ ml}$$

Test de aislamiento de coliformes fecales

La fase consistió en aislar coliformes fecales a partir de cada uno de los tubos positivos del test confirmativo, con el asa de platino se toma un inóculo y se siembra por agotamiento en la superficie del agar Eosina – Azul de Metileno – Lactosa (EMB).

Eosina Azul de Metileno (EMB), se incubó 37 °C por 48 horas, transcurrido el tiempo se observó el desarrollo de las colonias típicas con brillo verde metálico, característico de coliforme fecal.

Test de identificación

Las colonias seleccionadas, lactosa positivos del cultivo en el Agar Eosina Azul de Metileno (EMB), se inocularon en los medios bioquímicos o diferenciales, agar hierro tres azúcares (TSI), agar lisina hierro (LIA), agar citrato Simmons (CS), e Indol. Los medios se llevaron a incubación a 44 – 45 °C por un tiempo de 24 a 48 horas, terminado el tiempo se procedió a realizar las interpretaciones.

3.4.4. Métodos Estadísticos

Se utilizó medidas de tendencia central (promedio) de las aguas para los niveles de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos en el río Coata, zonas A, B y C, cuya fórmula es la siguiente:

Dónde:

XI: parámetros fisicoquímicos o bacteriológicos; $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$

n: número de repeticiones

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados por variables

4.1.1. Presentación de resultados de parámetros físicos

Niveles de los parámetros físicos: hace referencia a la temperatura, la conductividad eléctrica, los sólidos disueltos totales, y los parámetros químicos, como son el pH, demanda bioquímica de oxígeno, sulfatos y nitratos del río Coata, A, B y C.

Temperatura

Tabla 3

Temperatura (°C) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Zonas	Zona A	Zona B	Zona C
Mínimo	11.00	10.40	10.00
	14.40	13.00	12.00
	12.00	14.10	12.00
	12.50	10.40	13.10
Máximo	14.80	15.10	14.60
Promedio	12.94	12.60	12.34

Fuente: Elaboración Propia

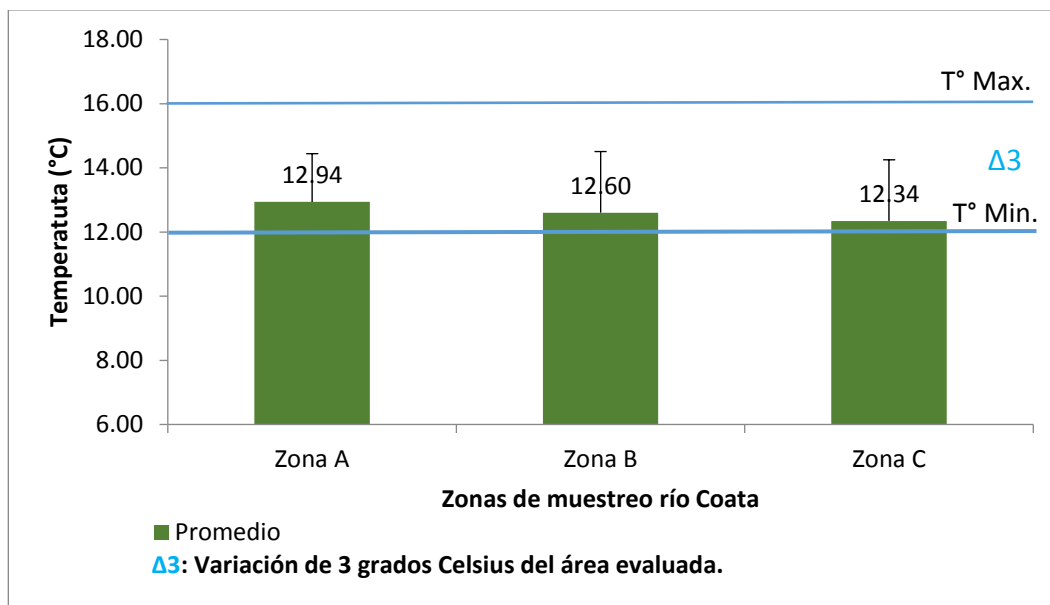


Figura 2: Temperatura (°C) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la Región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 3 y figura 2, muestra los valores promedio de temperatura de las aguas del río Coata, zonas A, B y C, así para la zona A la temperatura promedio fue de 12,94, zona B 12,60 y zona C 12,34, determinando que los valores promedios de temperatura, son similares para las tres zonas estudiadas, existiendo mínima variación, durante el tiempo de estudio, resultados que se encuentran dentro del límite permisible en el Estándar de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM.

Se considera que los promedios encontrados para el parámetro físico Temperatura (°C) no tienen una mayor variación, por consiguiente, los valores obtenidos nos indican que la temperatura del agua es similar en las zonas de muestreo, por tratarse de un mismo cuerpo de agua.

Conductividad Eléctrica

Tabla 4

Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Zonas	Zona A	Zona B	Zona C
Mínimo	992.00	985.00	994.00
	1020.00	1050.00	1165.00
	1185.00	1110.00	1050.00
	1185.00	1200.00	1164.00
Máximo	1218.00	1215.00	1219.00
Promedio	1120.00	1112.00	1118.40

Fuente: Elaboración Propia

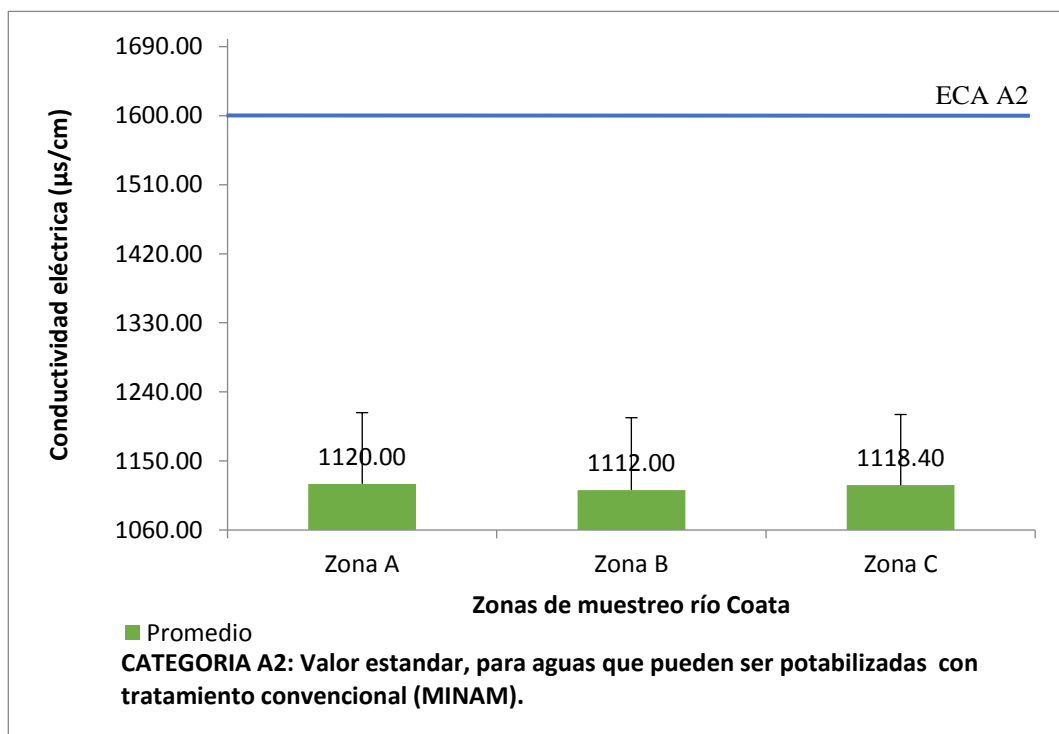


Figura 3: Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 4 y figura 3, muestra los valores promedio de conductividad eléctrica de las aguas del río Coata en las zonas A, B y C, así para la zona A, la conductividad

promedio fue 1120, zona B 1112 y zona C 1118.4, determinando que los valores promedios de conductividad eléctrica, son similares para las tres zonas estudiadas, existiendo una mínima variación, durante el tiempo de estudio, resultados que se encuentran dentro del límite permisible para el Estándar de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM.

La diferencia de los valores elevados obtenidos por otros autores, se debería a que las aguas presentarían altas concentraciones de sustancias iónicas disueltas aniones y cationes en mayor proporción por ser medios ecológicos diferentes.

Se considera que los promedios encontrados para el parámetro físico, Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) no tienen una mayor variación, por consiguiente, los valores obtenidos nos indican que la conductividad eléctrica del agua es similar en las zonas de muestreo del río Coata.

Sólidos Disueltos Totales

Tabla 5

Sólidos disueltos totales (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Zonas	Zona A	Zona B	Zona C
Mínimo	498.00	511.00	500.00
	582.00	560.00	600.00
	584.00	548.00	568.00
	500.00	550.00	540.00
Máximo	601.00	600.00	602.00
Promedio	553.00	553.80	562.00

Fuente: Elaboración Propia

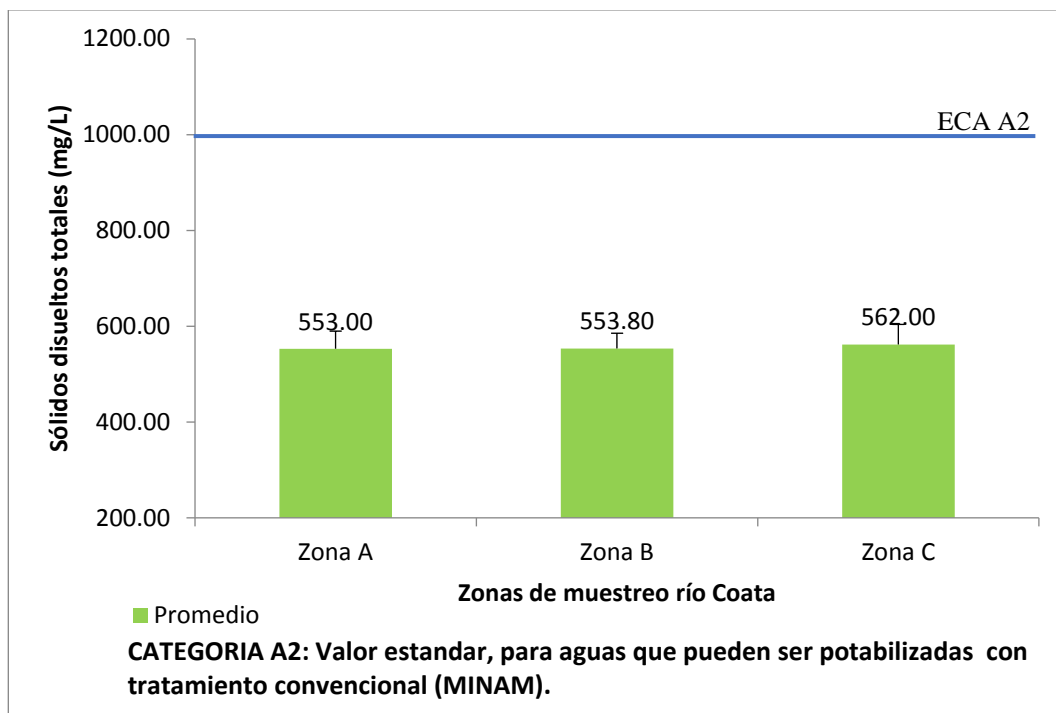


Figura 4: Sólidos disueltos totales (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5 y figura 4, muestra los valores promedio de sólidos disueltos totales de las aguas del río Coata, zonas A, B y C, así para la zona A los sólidos disueltos promedio fue A 553 mg/L, zona B 553,8 y zona C con 562 mg/L, determinando que los valores promedios de solidos disueltos totales, son casi similares para las tres zonas estudiadas, existiendo mínima variación, comparado con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM, no superan los límites permitidos, considerando presencia tolerante de contaminantes químicos y la concentración de sales es de moderada proporción.

Los valores de los sólidos disueltos totales de las muestras de agua de las zonas A, B y C, no sobrepasaron los límites determinados por las normas del Estándar Nacional de la Calidad Ambiental para el agua, considerando que la unión salina de las aguas no debe sobrepasar los 1000 mg/L.

4.1.2. Parámetros Químicos: pH, sulfatos, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno, en aguas del río Coata zonas A, B y C.

Potencial de Hidrogeniones (pH)

Tabla 6

Potencial de hidrogeniones (pH) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Zonas	Zona A	Zona B	Zona C
Mínimo	7.20	7.20	7.30
	7.25	7.25	7.35
	7.91	7.57	7.32
	7.21	7.50	7.73
Máximo	7.98	7.88	7.95
Promedio	7.51	7.48	7.53

Fuente: Elaboración Propia

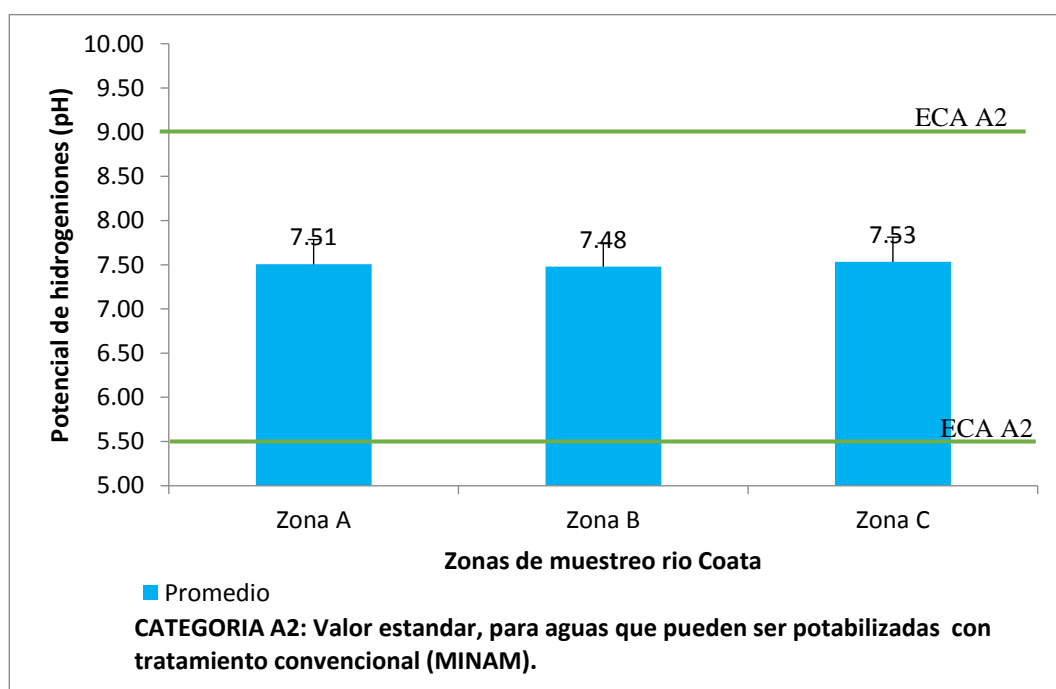


Figura 5: Potencial de hidrogeniones (pH) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 6 y figura 5, muestra los valores promedio del potencial de hidrogeniones (pH) de las aguas del río Coata, zonas A, B y C, así para la zona A el pH promedio fue de 7,51, zona B 7.48 y zona C con 7,53 unidades, determinando que los valores promedios de pH, son similares para las tres zonas estudiadas, existiendo una mínima variación, durante el tiempo de estudio, resultados que se encuentran dentro del límite permisible para el Estándar de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM.

Se considera que no existe una mayor variación en el parámetro químico, Potencial de hidrogeniones (pH) del agua, la cual es similar en las tres zonas de estudio, por tanto, los valores normales encontrados en las aguas del río Coata indican valores ligeramente alcalinos.

Sulfatos

Tabla 7

Sulfatos (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la Región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Zonas	Zona A	Zona B	Zona C
Mínimo	68.29	69.17	68.88
	72.50	70.08	69.92
	70.81	78.00	78.50
	74.50	76.00	76.50
Máximo	81.20	84.80	83.60
Promedio	73.46	75.61	75.48

Fuente: Elaboración Propia

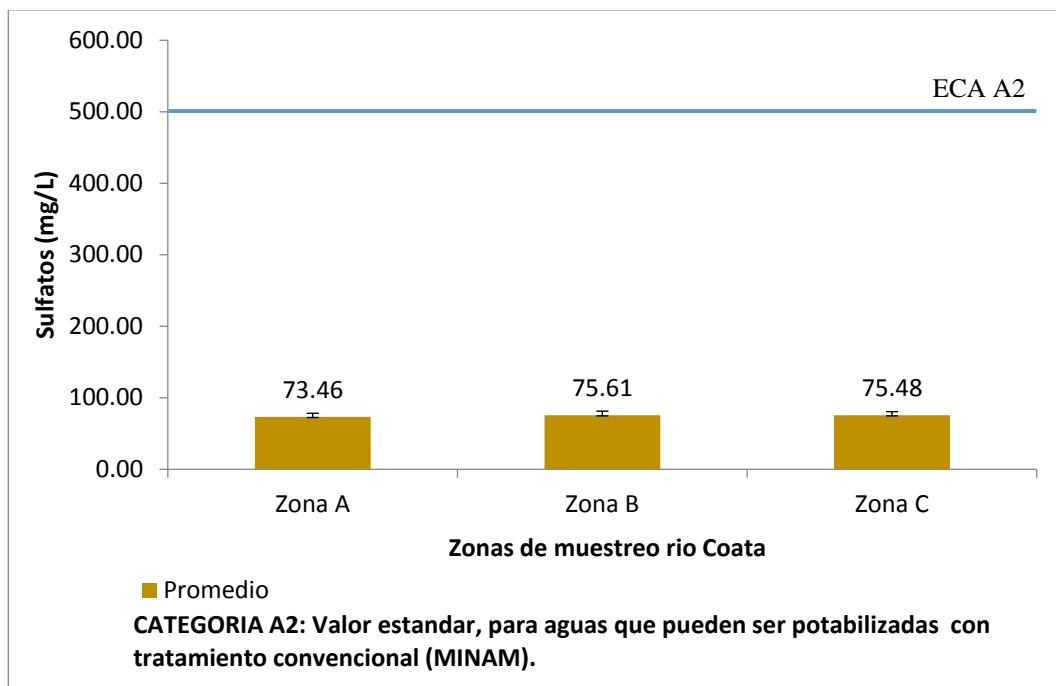


Figura 6: Sulfatos (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 7 y figura 6, muestra los valores promedio de sulfatos en aguas del río Coata, zonas A, B y C, así para la zona A los sulfatos promedio fue de 73,46 mg/L, zona B 75,61 y zona C 75,48 mg/L, determinando que los valores promedios de sulfatos, son casi similares para las tres zonas estudiadas, existiendo mínima variación, durante el tiempo de estudio, resultados que se encuentran dentro del límite permisible en el Estándar de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM.

Para el parámetro químico, Sulfatos (mg/L), se considera que los promedios obtenidos nos indican que el contenido de sulfatos es similar en las zonas de muestreo de agua del río Coata, además cuyos valores se encuentran dentro de lo permisible.

Nitratos

Tabla 8

Nitratos (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Zonas	Zona A	Zona B	Zona C
Mínimo	0.08	0.10	0.07
	0.08	0.15	0.11
	0.10	0.11	0.12
	0.08	0.11	0.08
Máximo	0.11	0.18	0.12
Promedio	0.09	0.13	0.10

Fuente: Elaboración Propia

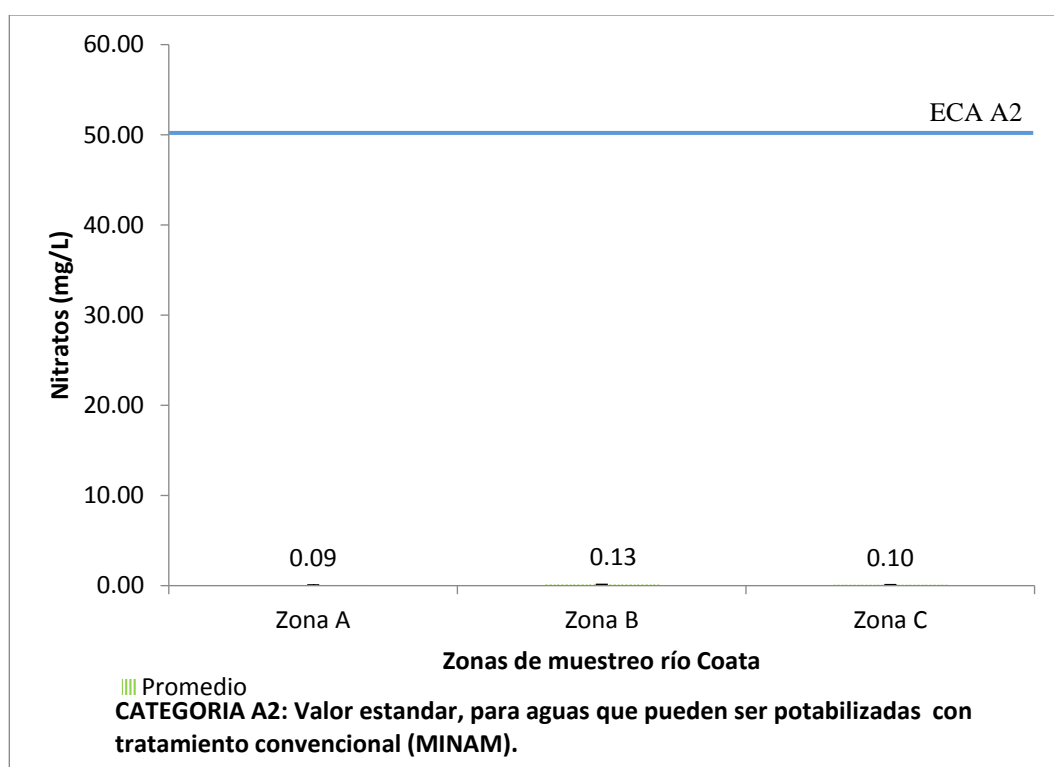


Figura 7: Nitratos (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 8 y figura 7, muestra los valores promedio de nitratos en aguas del río Coata, zonas A, B y C; así para la zona A, valores promedios de nitratos fue 0,09 mg/L, zona B 0,13 y zona C 0,10 mg/L, determinando que los valores promedios de nitratos, son casi similares para las tres zonas estudiadas, existiendo mínima variación, durante el tiempo de estudio, resultados que se encuentran dentro del límite permisible según el Estándar de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM., considerando que la concentración de nitratos no debe de superar los 50 mg/L.

Los valores de los del parámetro químico, Nitratos (mg/L) de las muestras de agua de las zonas A, B y C, no sobrepasaron los límites determinados por las normas del Estándar Nacional de la Calidad Ambiental para el agua, considerando que los valores obtenidos son inferiores al estándar establecido.

Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tabla 9

Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Zonas	Zona A	Zona B	Zona C
Mínimo	10.24	16.80	10.92
	15.17	43.60	23.00
	35.00	30.00	25.00
	37.00	20.50	15.03
Máximo	55.39	43.70	32.90
Promedio	30.56	30.92	21.37

Fuente: Elaboración Propia

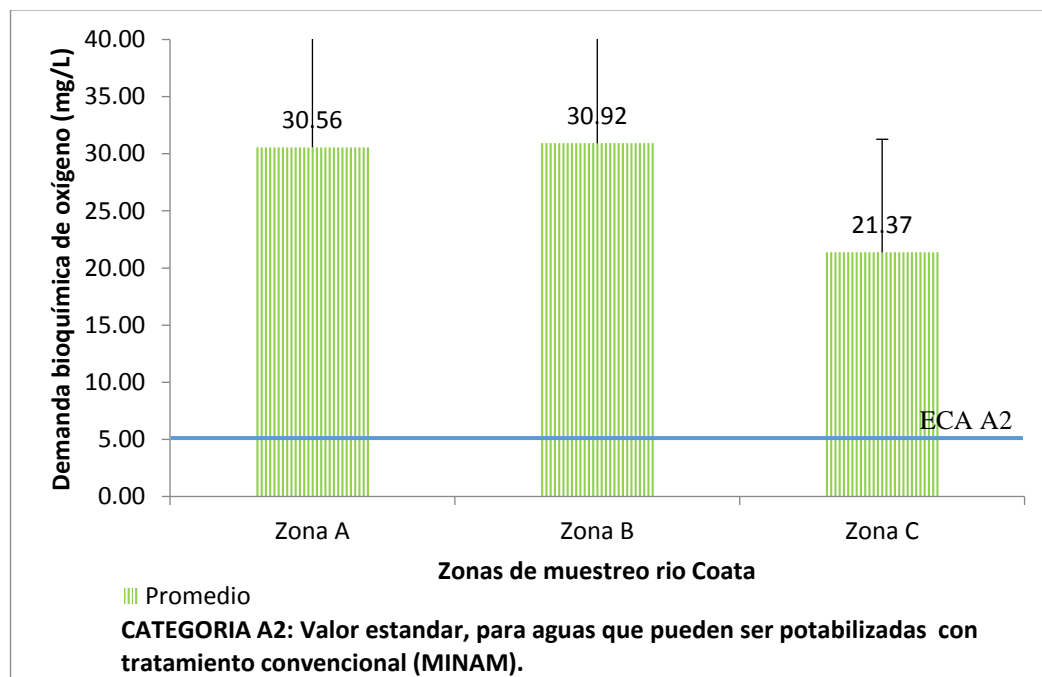


Figura 8: Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 9 y figura 8, demuestran los valores promedio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en aguas del río Coata, zonas A, B y C; así para la zona A la DBO promedio fue de 30,56 mg/L, zona B 30,92 y zona C 21,37 mg/L, determinando que los valores promedios de DBO, son casi similares para las tres zonas estudiadas, existiendo mínima variación, durante el tiempo de estudio, los resultados encontrados en el presente estudio superan los valores permisibles establecidos para aguas de río de sierra, según el Estándar de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM., considerando que la concentración máxima permisible es 10 mg/L.

Se consideró que no existe mayor variación en los resultados analizados, entre las zonas A, B y C del río Coata, sin embargo, estos resultados excedieron el Estándar de Calidad Ambiental para el Agua.

4.1.3. Contenido bacteriológico de coliformes totales, fecales y termo tolerantes, en aguas del río Coata zonas A, B y C

Coliformes Totales

Tabla 10

Coliformes totales (NMP/100ml) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Zonas	Zona A	Zona B	Zona C
Mínimo	1100.00	5000.00	1100.00
	7800.00	10900.00	6450.00
	7800.00	10900.00	6550.00
	8500.00	10800.00	10600.00
Máximo	11000.00	11000.00	11000.00
Promedio	7240.00	9720.00	7140.00

Fuente: Elaboración Propia

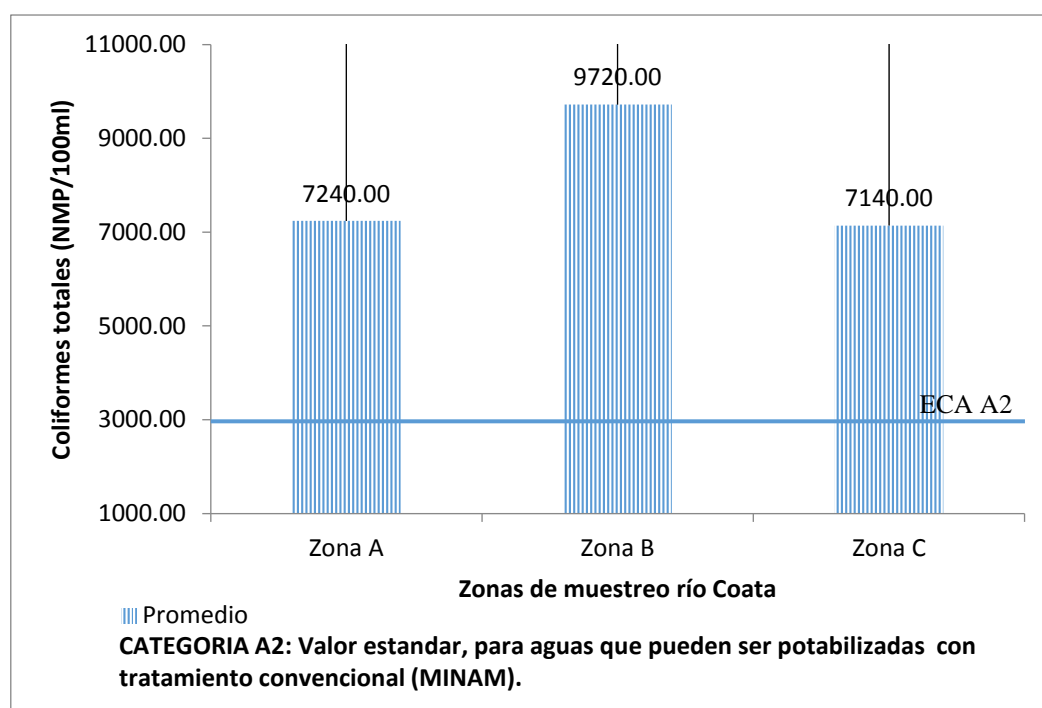


Figura 9: Coliformes totales (NMP/100ml) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 10 y figura 09, demuestran los valores promedio de coliformes totales en aguas del río Coata, zonas A, B y C, así para la zona A los coliformes totales el promedio fue de 7240 NMP/100 ml, zona B 9720 y zona C 7140, observando que los valores promedios de coliformes totales, son casi similares para las tres zonas estudiadas, existiendo mínima variación, durante el tiempo de estudio, sin embargo los resultados superan los límites permisibles según el Estándar de Calidad Ambiental del Agua D.S. N° 002-2008-MINAM, considerando que el mismo no debe ser mayor a 3000 NMP/100 ml.

El considero que no hay mayor diferencia en los resultados obtenidos en las zonas A, B y C, por consiguiente, los resultados nos indican que el contenido de coliformes totales es similar en las tres zonas de muestreo, sin embargo, son valores que sobrepasan el permisible para aguas de río.

Coliformes fecales

Tabla 11

Coliformes fecales (NMP/100ml) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Zonas	Zona A	Zona B	Zona C
Mínimo	0.00	0.00	0.00
	50.00	445.00	50.00
	50.00	445.00	60.00
	70.00	480.00	50.00
Máximo	70.00	1500.00	280.00
Promedio	48.00	574.00	88.00

Fuente: Elaboración Propia

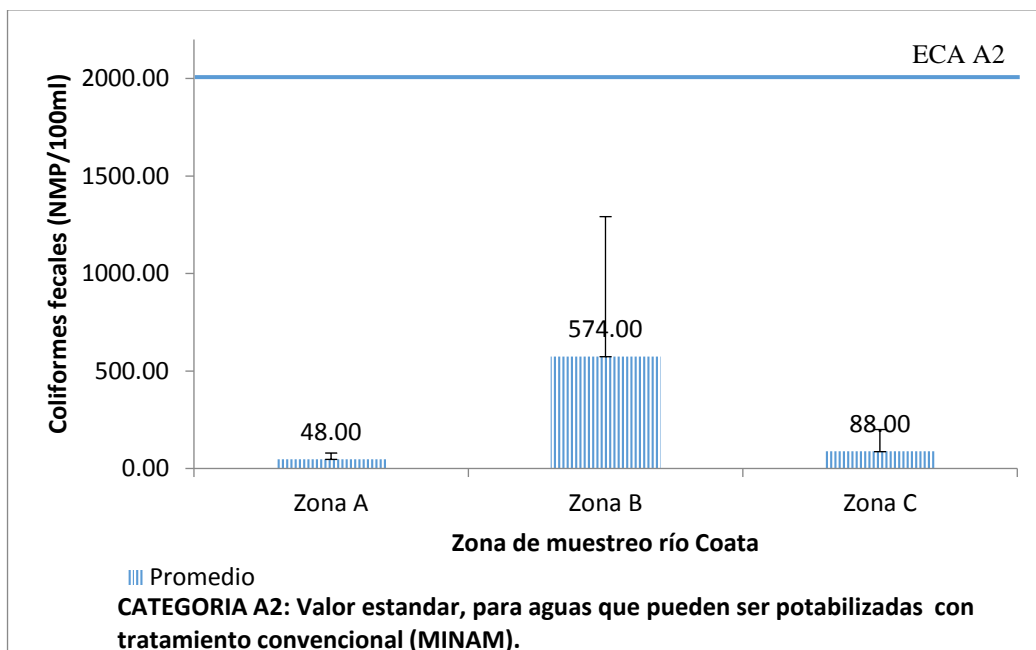


Figura 10: Coliformes fecales (NMP/100ml) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 11 y figura 10, se observa los valores promedio de coliformes fecales en aguas del río Coata, zonas A, B y C, así para la zona A, el promedio para coliformes fecales fue de 48 NMP/100 ml, zona B, 574 NMP/100 ml, y zona C 88 NMP/100 ml, determinando que los valores promedios de coliformes fecales, son casi similares para las tres zonas estudiadas, existiendo una mínima variación, durante el tiempo de estudio, los resultados se encuentran dentro del límite permisible en el estándar de calidad ambiental del agua (D.S. 002-2008-MINAM), considerando que el mismo no debe ser mayor a 2000 NMP/100 ml. Sin embargo, la zona B, presenta una mayor incidencia, a diferencia de las demás zonas A y C.

Se consideró no existe diferencia significativa entre las zonas A y C del río Coata, sin embargo, la zona B, presenta una mayor incidencia, con esta consideración se acepta los valores obtenidos, y los resultados nos indican que el contenido de coliformes fecales es casi similar en las tres zonas de muestreo

Coliformes termotolerantes

Tabla 12

Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Zonas	Zona A	Zona B	Zona C
Mínimo	0.00	0.00	0.00
	0.00	31.00	7.10
	0.00	29.00	15.00
	0.00	14.15	15.00
Máximo	0.00	60.00	30.00
Promedio	0.00	26.83	13.42

Fuente: Elaboración Propia

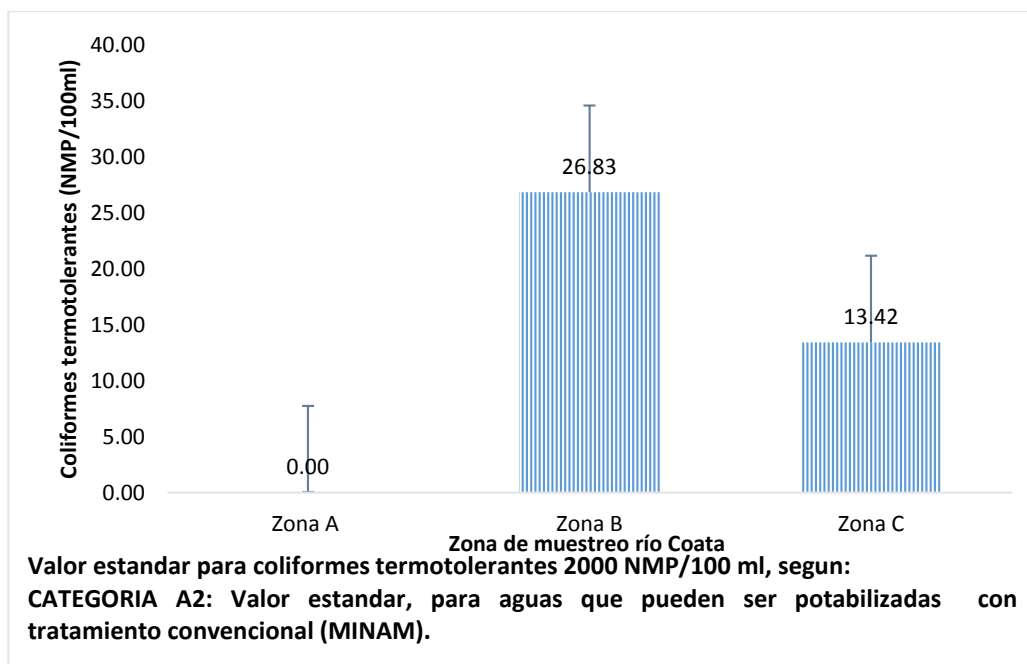


Figura 11: Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) en aguas del río Coata zonas A, B y C de la región Puno (Enero – Marzo del 2016)

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 12 y figura 11, se observa los valores promedios de coliformes termotolerantes en aguas del río Coata, zonas A, B y C, en la zona A no se encontró coliformes termotolerantes, zona B 26.83 y zona C 13,42, estableciendo que los

valores promedios difieren en una zona de estudio , durante el tiempo de muestreo, además, los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites permisibles señalados en el Estándar de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM., considerando que el mismo no debe ser mayor a 2000 NMP/100 ml.

4.2. Discusión de resultados

Parámetros físicos

a. Temperatura del agua

Los valores promedios de temperatura obtenidos en la presente investigación en la Zona “A” 12.94 °C, Zona “B” 12.60 °C, Zona “C” 12.34 °C , estudios anteriores realizados por Mendoza (2010), en el estudio microbiológico y factores físicos en aguas de las desembocaduras de los principales ríos tributarios del lago Titicaca Puno, durante los meses de agosto a noviembre, obtuvo en promedio para el río Coata, 14,34 °C a diferencia del rio Huancané que presentó una temperatura promedio de 14,7 °C y la temperatura del rio Ilave fue el de menor promedio registrado con 12,58 °C, valores de temperatura mayores a los encontrados en el presente estudio, así mismo Quispe (2010), determinó los componentes fisicoquímicos e indicadores bacterianos de contaminación fecal, en aguas de rio para consumo humano de la ciudad de Aplao, Arequipa, obteniendo un promedio de temperatura de 19,8 °C; del mismo modo Guzmán, *et al.*, (2007), publicaron el estudio de contaminación del agua superficial en la cuenca del río Texococo (México), encontrando valores que oscilan entre 20,5 y 22,4 °C, valores superiores al presente estudio, debido al área geográfica y clima diferente del altiplano.

b. Conductividad eléctrica

Los valores promedios de conductividad eléctrica obtenidos en la presente investigación en la Zona “A” 1120 $\mu\text{S/cm}$, Zona “B” 1112 $\mu\text{S/cm}$, Zona “C” 1118.40 $\mu\text{S/cm}$, de semejante manera, Mendoza (2010), obtuvo resultados promedios de conductividad eléctrica en el río Coata con un valor de 1121,5 $\mu\text{S/cm}$, y la conductividad eléctrica para el río Ilave 750.1 $\mu\text{S/cm}$, resultados para el río Coata que se asemejan a los obtenidos en el presente trabajo de investigación específicamente en la zona A.

Estudios realizados por Sardiñas, *et al.*, (2006), evaluaron las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de la presa, El Cacao – Cotorro, Cuba, determinando una conductividad eléctrica de 696 – 786 $\mu\text{S/cm}$. De igual manera Quispe (2010), determino los componentes fisicoquímicos y bacterianos en aguas del río Majes para consumo humano de la ciudad de Aplao, Arequipa, obteniendo un promedio de conductividad eléctrica; para la zona A de 715.6 $\mu\text{S/cm}$, zona B, 726.5 $\mu\text{S/cm}$, y para la zona C, 709.5 $\mu\text{S/cm}$. Además, Guzmán, *et al.*, (2007), estudiaron la contaminación del agua superficial en la cuenca del río Texococo (México), obteniendo una conductividad eléctrica de 712.2 $\mu\text{S/cm}$ a 1193.3 $\mu\text{S/cm}$, valores casi similares al presente estudio.

c. Sólidos disueltos totales

Los valores promedios de Sólidos disueltos totales obtenidos en la presente investigación en la Zona “A” 553.00 mg/L, Zona “B” 553.80 mg/L, Zona “C” 562.00 mg/L. Estudios anteriores realizados por Yanapa (2012), obtuvo los siguientes valores de los análisis del parámetro químico del agua potable de la planta de tratamiento y reservorios de las aguas del río Ilave, para sólidos disueltos

totales el valor máximo fue 123,37 mg/L que corresponde al reservorio II, y el valor mínimo 120,37 mg/L que corresponde a la planta de tratamiento, y según Quispe (2010), muestra valores promedios de sólidos disueltos totales en aguas de consumo de las zonas A, B y C, de la ciudad de Aplao, El agua que toleran entre 2000 y 4000 mg/L de los sólidos disueltos presentan sabores más desagradables, logrando no calmar satisfactoriamente la sed y resultar laxantes para las personas no habituadas a su digestión, por lo tanto, las aguas que superan más de 4000 mg/L de los sólidos disueltos se suponen, en lo general no aptas para el consumo de los humanos.

d. Potencial de hidrogeniones (pH)

Pese a la importancia que tiene el agua para el consumo humano no existen estudios realizados en las tres zonas de estudio que puedan ser objeto de discusión, los valores promedios del Potencial de hidrogeniones obtenidos en la presente investigación en la Zona “A” 7.21, Zona “B” 7.48, Zona “C” 7.53. Mendoza (2010), en el estudio microbiológico y factores físicos de las aguas de las desembocaduras de los principales ríos tributarios del lago Titicaca Puno, durante los meses de agosto a noviembre, y mediante un análisis físico reportó un pH promedio de 8,2, presentando un pH alcalino, diferenciándose del pH 7,3 del río Ilave cercano a la neutralidad. Quispe (2010), determinó los componentes fisicoquímicos e indicadores bacterianos de contaminación fecal en aguas del Río Majes de la ciudad de Aplao, Arequipa, obteniendo un promedio de pH de 8,0. Así, Guzmán, *et al.* (2007), Publicaron el estudio de contaminación del agua superficial en la cuenca del río Texococo (México), reportando valores de 6,4 a 8,0 para el parámetro de pH, resultados que se asemejan a los encontrados, en el

caso del río Coata la basicidad de sus aguas se debe al aporte del suelo con carbonatos, ya que por manifestaciones de los pobladores se usa bastante la cal como medio de defensa contra las plagas de la papa. Lo que explicaría sus altos valores de pH obtenidos.

e. Sulfatos

Resultados diferentes fueron obtenidos por la Autoridad Nacional del Agua (2016), que al monitorear la calidad del agua de los ríos y quebradas que se encuentran en el ámbito de la cuenca Coata, reportaron para el parámetro químico de sulfatos en la zona RCoat1 fue 39,00 mg/L y en la zona RCoat fue 45.6 mg/L, y en RCoat2 fue 50.9 mg/L dichos resultados son inferiores a los hallados en el presente estudio siendo Zona “A” 73.46 mg/L Zona “B” 75.61 mg/L, Zona “C” 75.48 mg/L los resultados obtenidos, son superiores a los obtenidos por el ANA en el año 2016, se deben a que estos fueron realizados en otros puntos de muestreo. Yanapa (2012), que reporto valores promedios en las tres repeticiones de los análisis del parámetro químico del agua potable de la planta de tratamiento y reservorios en la ciudad de Ilave; para sulfatos el valor máximo fue en la planta de tratamiento 14,70 mg/L, y el valor mínimo registrado fue 14,13 mg/L que corresponde al reservorio II.

Al respecto Quispe (2010), muestra valores promedios del parámetro químico de sulfatos en aguas de consumo de las zonas A, B y C, de la ciudad de Aplao, el máximo valor obtenido fue en la zona A que corresponde a río arriba en la que se obtuvo un valor de 401,6 mg/L, con un valor medio en la zona C que corresponde a río abajo en la que se obtuvo un valor de 371,3 mg/L con una variación no mayor a los 30 mg/L entre las tres zonas de evaluación, resultados

superiores que no se asemejan a los encontrados, sin embargo el grupo de tratamiento de aguas residuales (2009), indican que el contenido de sulfatos no suelen presentar problema de potabilidad a las aguas de consumo pero, en ocasiones, contenidos superiores a 300 mg/L puede ocasionar trastornos gastrointestinales en los niños. Según (SMEWW, 1998), menciona que el límite máximo para sulfatos, bajo los estándares del servicio de salud pública, es de 250 mg/L.

f. Nitratos

Resultados parecidos fueron obtenidos por la Autoridad Nacional del Agua (2016), cuando monitorearon la calidad del agua de los ríos y quebradas que se encuentran en el ámbito de la cuenca del río Coata; así para el parámetro químico de nitrato, en la zona RCoat1 fue $<0,05$ mg/L y en la zona RCoat fue de 0,24 mg/L, RCoat2 fue 0.63, mientras los valores hallados en el presente estudio son Zona “A” 0.09 mg/L Zona “B” 0.13 mg/L, Zona “C” 0.10 mg/L, los valores hallados en el presente estudio son relativamente parecidos. Así mismo Sardiñas *et al.*, (2006), evaluaron las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de la presa el Cacao – Cotorro, en Cuba, reportando concentraciones de nitrato en un rango 0,068 – 1,23 mg/L, valores que fluctúan debido a un medio y clima diferente.

g. Demanda bioquímica de oxígeno

Resultados obtenidos por la Autoridad Nacional del Agua (2016), cuando evaluaron la calidad del agua que descendían de los ríos y quebradas que se

encuentran en el ámbito de la cuenca del río Coata, obtuvieron resultados para la demanda bioquímica de oxígeno en la zona RCoat1 fue < 3 mg/L RCoat fue < 3 mg/L y en la zona RCoat2 es de < 3 mg/L, estos resultados son inferiores a los obtenidos en la presente investigación realizada, sin embargo en la zona RToro2 fue 59.00 mg/L. Los valores obtenidos en el presente trabajo en la Zona “A” es de 30.56 mg/L Zona “B” es de 30.92 mg/L Zona “C” es de 21.37 mg/L. Valores diferentes fueron reportados por Sardiñas *et al.*, (2006), quienes apreciaron las características fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la presa, el Cacao – Cotorro en Cuba, reportando agrupaciones de oxígeno disuelto entre 0 – 2,2 mg/L, los cuales incumben a las concentraciones más elevadas de DBO₅.

Dentro de este marco los valores elevados de DBO₅ demuestran una alta concentración de materia orgánica biodegradables, además de que se existe una disminución de oxígeno porque los microorganismos están consumiendo el oxígeno disuelto en el agua. Cuanto mayor es la demanda bioquímica de oxígeno más contaminante es la muestra.

h. Coliformes totales

Los valores promedios de Coliformes totales obtenidos en la presente investigación en la Zona “A” 7240.00 NMP/100 ml, Zona “B” 9720.00 NMP/100 ml, Zona “C” 7140.00 NMP/100 ml. Estos valores no es similar al obtenido por Mendoza (2011) mediante un análisis bacteriológico, durante los meses de agosto a noviembre en el río Huancané que determino 44000 NMP/100 ml de coliformes totales, y para el río Coata 34300 NMP/100 ml, valores muy superiores a la presente investigación.

Quispe (2010), muestra valores promedios de coliformes totales en aguas de consumo de las zonas A, B y C, de la ciudad de Aplao, Arequipa. Obteniendo para la zona A, que corresponde río arriba 4200 NMP/100 ml, con un valor medio en la zona B que corresponde a la ciudad con 26 NMP/100 ml y un valor mínimo en la zona C que corresponde a río abajo en la que fue de 6 NMP/100 ml, para las aguas con una variación no mayor a los 4194 NMP/100 ml entre las tres zonas de evaluación, resultados muy inferiores al presente estudio, debido a que el río Majes no presento resultados de contaminación como el río Coata.

i. Coliformes Fecales

Resultados anteriores realizados por la Autoridad Nacional del Agua (2016), cuando monitorearon la calidad del agua de los ríos y quebradas que se encuentran dentro del ámbito de la cuenca del río Coata, los resultados reportados para el parámetro bacteriológico de coliformes fecales en la zona RCoat1 fue 790.00 NMP/100 ml, y en la zona RCoat fue 330.00 NMP/100 ml, RCoat2 fue 79.00 NMP/100 ml y los valores obtenidos en el presente trabajo son; Zona “A” 48.00 NMP/100 ml, Zona “B” 574.00 NMP/100 ml Zona “C” 88.00 NMP/100 ml, dichos valores hallados, en cierta medida son parecidos a los obtenidos por el ANA. Mendoza (2011) mediante un análisis bacteriológico y durante los meses de agosto a noviembre en el río Huancané obtuvo, mayores recuentos de coliformes fecales 9100 NMP/100 ml, y para el río Coata 6000 NMP/100 ml, resultados superiores a los reportados en el presente estudio, esto se debe al diferente periodo en la cual se obtuvo la muestra.

Yanapa (2012), obtuvo para el río Ilave valores promedios inferiores del análisis bacteriológico del agua potable de las viviendas ubicadas en la zona

central y periférica de la ciudad de Ilave; 1.67 NMP/100 ml de coliformes fecales en la zona central y 1.83 NMP/100 ml de coliformes fecales en la zona periférica. Por el contrario, Quispe (2010), demostró valores promedios de coliformes totales en aguas de consumo de las zonas A, B y C, de la ciudad de Aplao, Arequipa, obteniendo para la zona C que corresponde río abajo un valor de 1870 NMP/100 ml de agua, con un valor medio en la zona B que corresponde a la ciudad con 11 NMP/100 ml y un valor mínimo para la zona A que corresponde a río arriba con un valor de 0 NMP/100 ml de coliformes fecales.

j. Coliformes Termotolerantes

Resultados anteriores realizados por la Autoridad Nacional del Agua (2016), cuando monitorearon la calidad del agua de los ríos y quebradas que se encuentran dentro del ámbito de la cuenca del río Coata, los resultados reportados para el parámetro bacteriológico de coliformes Termotolerantes en la zona RCoat1 fue 790.00 NMP/100 ml, y en la zona RCoat fue 330.00 NMP/100 ml, RCoat2 fue 79.00 NMP/100 ml y los valores obtenidos en el presente trabajo son; Zona “A” 0.00 NMP/100 ml, Zona “B” 26.85.00 NMP/100 ml Zona “C” 13.42 NMP/100 ml, dichos valores hallados son inferiores a los obtenidos por el ANA. Diversos factores ambientales ocasionarían contaminación en el río.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

PRIMERA: Los parámetros físicos de las aguas del río Coata en las zonas A, B y C, de la región Puno, fueron: Zona A; temperatura 12,94 °C; conductividad eléctrica 1120 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos disueltos totales 553 mg/L. Zona B; temperatura 12,60 °C; conductividad eléctrica 1112 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos disueltos totales 553.80 mg/L; y en la Zona C; el promedio de temperatura 12,34 °C; conductividad eléctrica 1118.40 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos disueltos totales 562 mg/L. Las concentraciones halladas de los parámetros físicos en las Zonas A, B y C no superan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establecido en el D.S. 002-2008-MINEM, para dichos parámetros en tal sentido se rechaza la hipótesis específica para los parámetros físicos evaluados.

SEGUNDO: Los parámetros químicos de las aguas del río Coata en las zonas A, B y C, de la región Puno, fueron: zona A; pH es 7,51; sulfatos 73,46 mg/L; nitratos 0,09 mg/L; y demanda bioquímica de oxígeno 30,56 mg/L; zona B; el pH 7,48; sulfatos 75,61 mg/L; nitratos 0,13 mg/L; y demanda bioquímica de oxígeno 30,92 mg/L, y en la zona C; el promedio de pH es 7.53; sulfatos 75,48 mg/L; nitratos 0,10 mg/L; y demanda bioquímica de oxígeno 21,37 mg/L. La demanda bioquímica de oxígeno excede el nivel de concentración establecido por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA).

TERCERA: Los parámetros bacteriológicos de las aguas del río Coata en la región Puno, fueron: zona A; coliformes totales 7240 NMP/100 ml; coliformes fecales 48 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes 0 NMP/100 ml. Zona B; coliformes totales 9720 NMP/100 ml; coliformes fecales 574 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes 26.83 NMP/100 ml, y en la Zona C; coliformes totales 7140 NMP/100 ml; coliformes fecales 88 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes 13.42 NMP/100 ml. De estos resultados hallados se establece que; el nivel de concentración, del parámetro coliformes totales excede el Estándar de Calidad Ambiental (ECA).

CUARTA: La zona de mayor contaminación en aguas del río Coata fue la zona B que presentó 9720 NMP/100 ml de coliformes totales sobrepasando los parámetros de las normas del Estándar Nacional de Calidad Ambiental para la categoría A2 , Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

5.2. Recomendaciones

PRIMERA: Monitorear periódicamente las aguas del río Coata, de la región Puno, en diferentes zonas para determinar la variación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en diferentes épocas.

SEGUNDA: Determinar otros parámetros químicos; como arsénico, cianuro, cobalto, nitrógeno amoniacal, cadmio, fosfatos para precisar las diversas interacciones de la vida acuática.

TERCERA: Determinar la presencia de microorganismos patógenos; *Enterococos*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella* y Parásitos que presenten riesgo para la salud.

CUARTA: Implementar programas de educación sanitaria para reducir y/o evitar la contaminación bacteriológica en el río Coata.

QUINTA: Recomendar a las autoridades municipales y de salud del distrito de Coata, para la implementación de una planta de tratamiento y la distribución del agua mediante una red de domiciliaria que garantice el consumo de agua de buena calidad para los habitantes de la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- Aurazo, M. (2004). Aspectos biológicos de la calidad del agua. En: Vargas, L. (Ed.). *Tratamiento de agua para consumo humano Plantas de filtración rápida*. Lima, Perú, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. pp. 57-98.
- Autoridad Nacional del Agua (2011). *Identificación de fuentes de contaminación y monitoreo de la calidad del agua en las cuencas Coata, Ilave, Illpa y Embalse Pasto Grande*. Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos.
- Barnechea, A. (2004). Aspectos Fisicoquímicos De La Calidad Del Agua. En: Vargas, L. (Ed.). *Tratamiento de agua para consumo humano Plantas de filtración rápida*. Lima, Perú, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. pp. 1-54
- Belizario, S. (2002). *Informe de prácticas pre – profesionales*. Estación Experimental Illpa – Puno. Laboratorio de análisis de suelos y aguas. Puno – Perú.
- Camacho, A., Giles, M., Ortegon, A., Palao, M., Serrano, B., y Velazquez, O. (2009). *Técnicas para el análisis microbiológico*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Carranza, F. (2001). *Medio ambiente problemas y soluciones*. Callao – Perú: Editorial Universidad Nacional del Callao.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (1998). *Fundamentos para la caracterización de las Aguas* Capítulo VII.
- Chavez, A. (2007). Aspectos Físico-Químicos, Bioquímicos y Microbiológicos de la contaminación de aguas. *Índices e Indicadores Ambientales*. pp. 2-50.
- Dirección General de Salud Ambiental (2008). *Procedimientos de análisis de coliformes totales, fecales y Escherichia coli*. Dirección de protección del ambiente, Área de Laboratorio de Protección Ambiental. Ministerio de Salud. Puno – Perú.
- Emanuel, C. y Ecurra, J. (2000). *Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en el Perú*. Lima, Perú.

- Estándares de Calidad Ambiental (Eca) Para Agua y Establecen Disposiciones Complementarias (Decreto Supremo N° 004-2017- MIMAN). 6 de junio de 2017. El peruano pp. 10-19.
- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua. (Decreto supremo N° 002-2008-MINAM). 31 de Julio de 2008. Diario el Peruano, pp. 377222-377224.
- Gil, M. (2005). *Procesos de descontaminación de Aguas, calculos avanzados, informatización*. Madrid, España: Editorial Thomson.
- Janda, J. y Duffey, P. (1998). Mesophilic aeromonads in human disease: current taxonomy, laboratory identification and infectious disease spectrum. *Reviews in Infectious Diseases*, 10: 980-87
- Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338) promulgado el 23 de 03 de 2009, publicado el 30 de 03 de 2009.
- Manine, F. (2008). El Agua, sus funciones y su equilibrio en el organismo. *Nutrition in exercise and sport*, pp. 63-65.
- Marin, R. (2003). *Físico-química y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento de calidad de aguas*. Madrid, España: Ediciones Diaz de Santos.
- Mendoza, M. (1996). Impacto de la tierra, en la calidad del agua de la microcuenca río Salados. Cuenca del río San José. Turrialba, CR, CATIE.
- Mendoza, C. M. (2011). Microbiología y factores físicos de las aguas de las desembocaduras de los principales ríos tributarios del Lago Titicaca. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Ministerio del Ambiente (2011). Estudios realizados en el departamento de Puno, sobre la calidad del agua en sus diferentes cuencas del departamento de Puno. Puno, Perú.
- Ocola, J. y Laqui, W. (2017). Fuentes Contaminantes en la Cuenca del Lago Titicaca: Un aporte al conocimiento de las causas que amenazan la calidad del agua del maravilloso lago Titicaca. Lima: Editorial Autoridad Nacional del Agua.

- Organización Mundial de la Salud (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Tercera Edición. Volumen III.
- Orellana, J. (2005). *Ingeniería sanitaria*. Volumen III. Lima – Peru: Editorial Universidad Nacional del Callao.
- Oruna, N. (2010). *Calidad Bacteriológica y Físico – Químico del agua potable de la ciudad de Puno*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Pérez, A. y Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista. Biológica*. 56(4) 1905-1918.
- Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (2008). Dirección de estudios componentes y Preservación de los Recursos Hídricos. *Boletín informativo*.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2004). *Diferencia de consumo entre el primer y tercer mundo*. Costa Rica.
- Quispe, R. (2010). *Componentes Fisicoquímicos e Indicadores Bacterianos en la ciudad de Aplao, Valle de Majes, Arequipa*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Rios, S., Agudelo, R. y Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 2017; 35(2): 236-247. DOI: 10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08.
- Rivera R., Palacios O., Chavez J., Belmont M., Nikolski., De La Isla M., Guzman A., Terrazas L. y Carrillo R. (2007). Contaminación por coliformes y helmintos en los ríos Chapingo, Texococo y San Bernardo tributarios de la parte oriental de la cuenca del valle de México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* pp. 69-77.
- Romero, j. (2000) *Tratamientos de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería Colombia.
- Rosado F. 2008. *Impactos generados por efluentes líquidos en la irrigación La Cano*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2007). *dirección general de hidrología y recursos hídricos*. informe técnico, Evaluación Hidrobiológica de las cuencas del lago Titicaca.
- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater (1998). Method 4500. USA: E 20 Th Edition.
- Suller, N. (2009). Violación de derechos humanos a causa de daños ambientales en las cuencas del rio Ramis. (Tesis de Bachiller). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Vargas, L. (2008). *Tratamiento de agua para consumo humano*. Volumen II. Lima – Perú: Editorial Universidad Nacional del Callao..
- Villena, C. (2006). *Fuentes de agua y Contaminación físico-química*. Academia Nacional de Medicina – Anales.
- Yanapa, J. (2012). *Calidad organoléptica, físico-química y bacteriológica del agua potable de la ciudad de Ilave - Puno*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

WEB GRAFIA

- Agüero, R. (2003). *Agua potable para la población rurales*. Recuperado de http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/agua_potable/agua_potable_para_poblaciones_rurales_sistemas_de_abastecim.pdf.
- American Public Health Association (2005). Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y residuales. *Guide to the APHA 2005 Annual Meeting*. Bold Recuperado de <http://www.phparteners.org/pdf/NLMGuideAPHA2005.pdf>.
- Arcos, M., Avila, S., Estupiñan, S., y Gomes, A. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova - Publicación Científica* [Internet],. http://www.es/webesp/projects/solarswater/documents/libro/02_Capitulo_02.pdf, 45-50 p.
- Aznar, A. y Alonzo, A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Gestión Ambiental*. 2(23). pp.12 19. recuperado de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>.
- Begueria, S. (22 de mayo de 2017). El agua. Sus características y propiedades. [Principales características del agua]. Recuperado de <https://www.ceupe.com/blog/el-agua-sus-caracteristicas-y-propiedades.html>.
- Bertolino, R.; Fogwill, E.; Chidiak, M.; Cinquangelis, S.y Forgione, M. (s.f). *Participación ciudadana y gestión integral de residuos*. Recuperado de: <https://www.unicef.org/argentina/spanish/CooclubesbajaWEB.pdf>.
- Bokova, I. (2010). 22 de marzo: día mundial del agua. *elementalwtsn la revista*. 1(1) pp 4-5. Recuperado de <http://www.elementalwatson.com.ar/Revista%201%20N%201b.pdf>.
- Centro Nacional Del Medio Ambiente y Servicios Agrícolas Y Ganaderos (2006). Manual de Evaluación de la Calidad del Agua. Recuperado de http://CENMASAGChile/evaluaciondelacalidaddeaguamet_problematICA_y_recursos_hidricospdf.

- Comisión Nacional Preparatoria V foro Mundial del Agua (2009). *Tendiendo puentes hacia el trabajo conjunto en torno al agua: la experiencia peruana*. Recuperado de sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39615.
- Comisión Preparatoria para el VII Foro Mundial del Agua (2015). *Agua para nuestro futuro la experiencia peruana*. Recuperado de http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/informe_peru_2015_0.pdf.
- Comité Nacional para la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (2009). *Indicadores de Contaminación y Bioindicadores*. Recuperado de: <http://www.cnmsf.gob.do/Documentos/TextosInformativos/NacionalesInternacionales/Detalles/tabid/118/smid/594/ArticleID/24/reftab/100/Default.aspx>.
- Costagliola, M., Seigreuer, G. Jurquiza, V. (2003). Estudios químicos y bacteriológicos del río baradero (argentina): calidad sanitaria del agua y aptitud de los peces para consumo humano. *Instituto Nacional y Desarrollo Pesquero*. 53. pp. 1-23. Recuperado de <https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/2479/INIDEP%20INF.%20TEC.%2053.pdf?sequence=1>.
- Consumoteca (3 de maro de 2010). *Bacteria patógena*. Recuperado de: <https://www.consumoteca.com/alimentacion/seguridad-alimentaria/bacteria-patogena/>.
- Ciarq, C. (28 de octubre de 2015). *Coliformes Fecales_Kimberly Cordero 2015*. Recuperado de: <http://coliformesfecaleskimberlycordero2015.blogspot.pe/>.
- De la Puente (s.f). El rol de los límites máximos permisibles en la regulación ambiental y su aplicación en el Perú. *Revista Peruana de Derecho de la Empresa* (65). Recuperado de: <http://www.delapuerta.com.pe/admin/recursos/libros/lorenzodelapuerta1.pdf>.
- Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud (2011). *Guía Técnica "Procedimiento de Toma de Muestra del Agua de Mar en Playas de Baño y Recreación"*. Recuperado de: http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Gu%C3%ADa%20Tecnica%20Proced_Tom_Muestras_Playas.pdf.

- Encinas, M. (2011). *Medio ambiente y contaminación. Principios básicos*. Recuperado de: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6>.
- Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental (2006). *El agua en México: lo que todas y todos debemos saber*. Recuperado de https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-mexico_001.pdf.
- Fuentes, J. (s.f). *Aguas subterráneas*. Recuperado de: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_01.pdf.
- Frias, T. y Montilla, L. (2016). “*evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector puerto de productores Río Itaya, Loreto – Perú 2014 -2015*”. Recuperado de: <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/114/FR%C3%8DAS-MONTILLA-Evaluaci%C3%B3n-1-Trabajo.pdf?sequence=1>.
- García, J. (24 de noviembre de 2009). El agua: propiedades químicas. [el agua como compuesto químico se encuentra en todos los procesos de transformación]. Recuperado de <https://quimica.laguia2000.com/compuestos-quimicos/propiedades-fisico-quimicas-del-agua>.
- Geofrik (01 de febrero del 2014). Temperatura. Recuperado de: <https://geofrik.com/2014/02/01/temperatura/>.
- Gonzalez, G. (2013). “*piscifactoría. sistemas de acondicionamiento y filtración*”. Recuperado de: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/6298/1/PFC-P-95.pdf>.
- Guzman, A., Palacios, O., Carrillo, R., Chávez, J. y Mikolskii, L. (2007). La contaminación del agua superficial en la cuenca del río Texcoco, México. *Agrociencia*. 41(4). pp. 385-393. Recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/302/30241402.pdf>, 385-393.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007). *Población total, por área urbana y rural, y sexo, según departamento, provincia, distrito y edades simples*. Recuperado de <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/#>.

- Instituto Nacional de Recursos Naturales (2007). Evaluación de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Cabanillas y Lampa. Recuperado de: http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio_hidrologico_lampa_0_0_3.pdf.
- Lampoglia, T., Agüero, R. y Baarrios, C. (2008). *Orientaciones sobre agua y saneamiento para zonas rurales*. Recuperado de http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guia/calde/2sas/d21/019_SER_OrientacionesA&Szonasrurales/Orientaciones%20sobre%20A&S%20para%20zonas%20rurales.pdf.
- Marin, R. (2011). Características físicas, químicas y biológicas de las aguas. Recuperado de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf.
- Mendez, A. (17 de diciembre de 2010). Propiedades físico-químicas del agua. [La molécula de agua posee ciertas propiedades físico – químicas]. Recuperado de <https://quimica.laguia2000.com/compuestos-quimicos/propiedades-fisico-quimicas-del-agua>.
- Mendez, J. (10 de mayo de 2013). *Calidad, concepto y filosofías: Deming, Juran, Ishikawa y Crosby*. Recuperado de: <https://www.gestiopolis.com/calidad-concepto-y-filosofias-deming-juran-ishikawa-y-crosby/>.
- Ministerio del Ambiente (2011). *Nacional de Acción Ambiental*. Recuperado de http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana_2011_al_2021.pdf.
- Morelo, J.; Saez, J. y Soler, A. (s.f). *La autodepuración en las corrientes de agua*. Recuperado de: <http://redined.mecd.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/72890/00820073007882.pdf?sequence=1>.
- Muñoz, C. (2015). Islas, lagos, cascadas, ríos y cenotes. *ContactoS*, (98). Recuperado de <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/revista/98/pdfs/islaslagos.pdf>
- Napoles, J. y Abalos, A. (2008). Bioremediación de ecosistemas contaminados con xenobióticos. Monografías de la Universidad de Oriente, 2008. Recuperado de: <http://monografias.uo.edu.cu/index.php/monografias/article/view/4/6>

- Organización Mundial de Salud (2006). Guías para la calidad del agua potable [recurso electrónico]: incluye el primer apéndice. Volumen I, Tercera edición. Recuperado de [http://www.who.int/water sanitation health/dwq/gdwq3 es full lowsres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf).
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Recuperado de: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.
- Paez, L. J. (2008). *Validación secundaria del método de filtración por membrana para la detección de coliformes totales y escherichia coli en muestras de aguas para consumo humano analizadas en el laboratorio de salud pública de Huila*. (tesis de pregrado). Recuperado de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis221.pdf>.
- Romero, X. y Navarro, P. (2005). Acidez y pH. Recuperado de: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16739/1/acidez_ph.pdf.
- Rocha, A. (2010). *Albert Einstein y el origen de los meandros*. Recuperado de: <http://apiperu.com.pe/wp-content/uploads/presentaciones/articulos-y-libros/meandros.pdf>.
- Sardiñas, O., Chiroles, S., Fernandez, M., Hernández, Y. y Pérez, A. (2006). Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). *Higiene y Sanidad Ambiental*. 6. pp 202-206. Recuperado de [http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc51015aa031684_Hig.Sanid.Ambient.6.202-206\(2006\).pdf](http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc51015aa031684_Hig.Sanid.Ambient.6.202-206(2006).pdf).
- Soler, J. P. (2006). *Validación secundaria del método de número más probable y recuento en placa profunda para coliformes totales y fecales en muestras de alimentos basada en la norma iso ntc 17025*. (tesis de pregrado). Recuperado de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis273.pdf>.
- Suarez, D. (2006). *Conductividad eléctrica por el método electrométrico en aguas*. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+El%C3%A9ctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4>.