



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE LAS  
AGUAS DEL RÍO COATA, PUNO – 2018**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. CLAUDIA INQUILLA CCALLA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

**PUNO – PERÚ**

**2020**



## DEDICATORIA

*A Dios por darme la oportunidad de vivir,  
por ser mi guía, por su protección, por su  
bendición y por brindarme salud, sabiduría  
y esperanza para alcanzar mis objetivos.*

*A mis queridos padres, Jesús y Oliva, por  
todo el apoyo y comprensión que me han  
brindado, por ser el pilar fundamental en  
todo lo que soy, en toda mi educación, tanto  
académica como de la vida, por sus consejos,  
sus valores, por la motivación constante,  
pero más que nada, por su amor, con lo cual  
pude superar las dificultades que se  
presentaron en el camino.*

*En especial a mi hija Yamileth y a su padre  
David quienes son motivo para seguir  
adelante y ser un ejemplo para ellos.*

*A mis queridos hermanos Abimael, Edith,  
Melissa, Albert y Henry por brindarme su  
confianza y expresarme sus palabras de  
aliento quienes con todo cariño me dieron su  
apoyo incondicional en los momentos más  
difíciles de mi vida. Para culminar mis  
estudios y lograr mis metas.*

**De: Claudia INQUILLA CCALLA**



## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios por bendecirme, darme la fuerza y guiarme en mi vida que me ha concedido la fe para terminar con éxito mi estudio profesional.*

*Agradezco infinitamente A la Universidad Nacional del Altiplano - Puno y a la Facultad de Ciencias Biológicas, la cual llevare en el corazón por abrirme las puertas al conocimiento y por haberme formado un profesional Biólogo.*

*A la Mg. Ciria Ivonne Trigos Rondón Director de Tesis, por brindarme su apoyo incondicional para guiarme durante el proceso que se ha realizado el presente trabajo de investigación.*

*A los miembros del jurado Dra. Maria Trinidad Romero Torres, M.sc. Vicky Cristina Gonzales, Dante Mamani Sairitupac. Por su apoyo, amistad y orientación que me brindaron al ejecutar mi trabajo de investigación.*

*A todos los docentes y al personal administrativo quienes fueron parte de mi formación académica y profesional.*

**De: Claudia INQUILLA CCALLA**



## ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 13**

**ABSTRACT..... 14**

### **CAPÍTULO I**

#### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. OBJETIVO GENERAL..... 16**

**1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 16**

### **CAPÍTULO II**

#### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES..... 17**

**2.2. MARCO TEÓRICO..... 19**

2.2.1. Agua de río..... 19

2.2.2. La contaminación del agua de río ..... 20

2.2.3. Características de la calidad microbiológicas del agua..... 22

2.2.4. Características fisicoquímicas del agua ..... 23

2.2.5. Características de los metales pesados en el agua ..... 25

2.2.6. Marco legal ..... 27



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>31</b>
<b>3.2. TIPO DE ESTUDIO .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3. POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA .....</b>	<b>32</b>
<b>3.4. MATERIALES .....</b>	<b>34</b>
3.4.1. Material .....	34
<b>3.5. METODOLOGÍA.....</b>	<b>34</b>
3.5.1. Determinar el índice microbiológico (coliformes totales y fecales) en el agua del río Coata según puntos de muestreo en las zonas PM1, PM2 y PM3.....	34
3.5.2. Determinar los parámetros fisicoquímicos como (pH, conductividad eléctrica, SDT, DBO <sub>5</sub> , DQO, cloruros, sulfatos, dureza y metales pesados (Pb, As, Hg y Cd)), según puntos de muestreo del agua del río Coata en las zonas PM1, PM2 y PM3.....	39

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. Determinación de índices microbiológicos (coliformes totales y fecales) en aguas del río Coata, según puntos de muestreo en las zonas PM1, PM2 y PM3.....</b>	<b>51</b>
4.1.1. Coliformes totales (CT) .....	51
4.1.2. Coliformes fecales (CF).....	54
4.1.3. Índice de la calidad microbiológica del agua de río Coata .....	56
<b>4.2. Determinación de los parámetros fisicoquímicos como (pH, conductividad eléctrica, SDT, DBO<sub>5</sub>, DQO, cloruros, sulfatos, dureza</b>	



<b>y metales pesados (Pb, As, Hg y Cd)), según puntos de muestreo del</b>	
<b>agua del río Coata en las zonas PM1, PM2 y PM3.....</b>	<b>60</b>
4.2.1. Potencial de hidrogeniones (pH).....	60
4.2.2. Conductividad eléctrica (CE).....	63
4.2.3. Sólidos disueltos totales (SDT).....	66
4.2.4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	69
4.2.5. Demanda química de oxígeno (DQO).....	71
4.2.6. Cloruros (Cl <sup>-</sup> ).....	74
4.2.7. Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	76
4.2.8. Dureza total (CaCO <sub>3</sub> ).....	78
4.2.9. Plomo (Pb).....	81
4.2.10. Arsénico (As).....	84
4.2.11. Cadmio (Cd).....	86
4.2.12. Mercurio (Hg).....	88
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>VII. REFERENCIAS.....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>102</b>

**ÁREA : Ciencias Biomédicas**

**LÍNEA : Diagnóstico y Epidemiología**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 13 de enero del 2020.**



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Mapa de ubicación geográfica del área de investigación .....	32
<b>Figura 2.</b>	Ubicación geográfica de los puntos de muestreo - río Coata .....	33
<b>Figura 3.</b>	Promedios de coliformes totales (NMP/100 ml) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.....	52
<b>Figura 4.</b>	Promedios de coliformes fecales (NMP/100 ml) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.....	55
<b>Figura 5.</b>	Promedios de pH (Unidad) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.....	62
<b>Figura 6.</b>	Promedios de conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019. ....	64
<b>Figura 7.</b>	Promedios de solidos disueltos totales (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019. ....	67
<b>Figura 8.</b>	Promedios de demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019. ....	70
<b>Figura 9.</b>	Promedios de demanda química de oxígeno (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.....	73
<b>Figura 10.</b>	Promedios de cloruros (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.	75
<b>Figura 11.</b>	Promedios de sulfatos (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.	77
<b>Figura 12.</b>	Promedios de dureza total (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019. ....	80
<b>Figura 13.</b>	Promedios de plomo (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019...	82
<b>Figura 14.</b>	Promedios de arsénico (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019. ....	85
<b>Figura 15.</b>	Promedios de cadmio (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.	87
<b>Figura 16.</b>	Toma de muestra en la desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata (PM1), mayo a julio del 2019.....	113



<b>Figura 17.</b>	Toma de muestra en Comunidad de Lluco – Almozanche (PM2), mayo a julio del 2019.....	114
<b>Figura 18.</b>	Toma de muestra en la desembocadura del río Coata a Lago Titicaca (PM3), mayo a julio. ....	114
<b>Figura 19.</b>	Muestras tomadas para procesar en el Laboratorio de Microbiología, Facultad Ciencias Biológicas – UNAP, mayo a julio 2019.....	115
<b>Figura 20.</b>	Preparación de medios de cultivo en el Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP, mayo a julio 2019.....	115
<b>Figura 21.</b>	Esterilización de muestras en autoclave realizado en el Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP, mayo a julio 2019. ....	116
<b>Figura 22.</b>	Inoculación de muestra de agua al caldo lactosado, para determinar coliformes totales y fecales en el Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP, mayo a julio 2019. ....	117
<b>Figura 23.</b>	Incubación de muestras a 37°C por 24 a 48 horas en el Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP, mayo a julio 2019. ....	117
<b>Figura 24.</b>	Siembra para confirmar coliformes fecales en medio Eosina Azul de Metileno (EMB) en el Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP, mayo a julio 2019. ....	118
<b>Figura 25.</b>	Lectura de coliformes fecales en medio Eosina Azul de Metileno (EMB) en el Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP, mayo a julio 2019. ....	118





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Distribución de los recursos hídricos en el territorio peruano .....	20
<b>Tabla 2.</b>	Clasificación de Índice de Calidad de Agua (CCME – WQI). .....	30
<b>Tabla 3.</b>	Cuadro de construcción con coordenadas UTM, referidas a los puntos de muestreo en el río Coata. ....	33
<b>Tabla 4.</b>	Puntos de muestreo y número de repeticiones en agua del río Coata, durante los meses mayo a julio del 2019 .....	34
<b>Tabla 5.</b>	Clasificación de las aguas según la dureza .....	48
<b>Tabla 6.</b>	Metales pesados .....	50
<b>Tabla 7.</b>	Prueba de comparación múltiple, para la variable de coliformes totales, según los puntos de muestreo, 2019.....	51
<b>Tabla 8.</b>	Comparación múltiple, para la variable coliformes fecales, según los puntos de muestreo, 2019. ....	54
<b>Tabla 9.</b>	Resumen del cálculo de ICA, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019.....	60
<b>Tabla 10.</b>	Resultados de la prueba de comparación múltiple, para la variable potencial de hidrogeniones, según los puntos de muestreo, 2019. ....	61
<b>Tabla 11.</b>	Prueba de comparación múltiple, para la variable conductividad eléctrica, según los puntos de muestreo, 2019. ....	64
<b>Tabla 12.</b>	Comparación múltiple, para la variable sólidos disueltos totales, según los puntos de muestreo, 2019. ....	67
<b>Tabla 13.</b>	Resultados de comparación múltiple, para la variable demanda bioquímica de oxígeno, según los puntos de muestreo, 2019.....	69
<b>Tabla 14.</b>	Comparación múltiple, para la variable demanda química de oxígeno, según los puntos de muestreo, 2019.....	72
<b>Tabla 15.</b>	Prueba de comparación múltiple, para la variable cloruros, según los puntos de muestreo, 2019. ....	74



<b>Tabla 16.</b> Prueba múltiple, para la variable sulfatos, según los puntos de muestreo, 2019.....	77
<b>Tabla 17.</b> Resultados comparación múltiple, para la variable dureza total, según los puntos de muestreo, 2019. ....	79
<b>Tabla 18.</b> Comparación múltiple, para la variable plomo, según los puntos de muestreo, 2019.....	82
<b>Tabla 19.</b> Prueba de comparación múltiple, para la variable arsénico, según los puntos de muestreo, 2019. ....	84
<b>Tabla 20.</b> Resultados de prueba de comparación múltiple, para la variable Cadmio, según los puntos de muestreo, 2019. ....	87
<b>Tabla 21.</b> Valores de coliformes totales en puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.....	103
<b>Tabla 22.</b> Valores de coliformes fecales según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019. ....	103
<b>Tabla 23.</b> Valores de pH según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019. ....	103
<b>Tabla 24.</b> Valores de conductividad eléctrica según puntos de muestreo de agua del Río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019. ....	103
<b>Tabla 25.</b> Valores de solidos disueltos totales según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019. ....	104
<b>Tabla 26.</b> Valores de demanda bioquímica de oxígeno según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019. ....	104
<b>Tabla 27.</b> Valores de demanda química de oxígeno según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019. ....	104
<b>Tabla 28.</b> Valores de cloruros según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.....	104
<b>Tabla 29.</b> Valores de sulfatos según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.....	105



<b>Tabla 30.</b>	Valores de dureza total según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.....	105
<b>Tabla 31.</b>	Valores de plomo según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.....	105
<b>Tabla 32.</b>	Valores de arsénico según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.....	105
<b>Tabla 33.</b>	Valores de cadmio según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.....	106
<b>Tabla 34.</b>	Tabla del Número más probable por 100 ml, usando tres tubos sembrados cada uno 10, 1.0 y 0.1 ml de muestra.....	106
<b>Tabla 35.</b>	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.....	107
<b>Tabla 36.</b>	Riego de vegetales y bebida de animales.....	109
<b>Tabla 37.</b>	El procedimiento Medios - DCA, resumen general de los tres puntos de muestreo durante los meses de mayo, junio y julio, 2019. ....	111
<b>Tabla 38.</b>	El procedimiento Medios – DCA, para el punto de muestreo PM1, en los meses de mayo, junio y julio, 2019.....	112
<b>Tabla 39.</b>	El procedimiento Medios – DCA, para el punto de muestreo PM2, en los meses de mayo, junio y julio, 2019.....	112
<b>Tabla 40.</b>	El procedimiento Medios – DCA, para el punto de muestreo PM3, en los meses de mayo, junio y julio, 2019.....	113



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>ANA</b>	: Autoridad Nacional del Agua.
<b>CE</b>	: Conductividad eléctrica
<b>CF</b>	: Coliformes fecales
<b>CT</b>	: Coliformes totales
<b>CV</b>	: Coeficiente de variación
<b>DIGESA</b>	: Dirección General de Salud Ambiental
<b>DS</b>	: Desviación estándar
<b>EMB</b>	: Eosina Azul de Metileno
<b>LMP</b>	: Límite máximo permisible
<b>MINAM</b>	: Ministerio del Ambiente.
<b>NMP</b>	: Numero más probable
<b>PM1</b>	: punto de muestreo 1, Desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata
<b>PM2</b>	: punto de muestreo 2, Comunidad de Lluco – Almozanche
<b>PM3</b>	: punto de muestreo 3, Desembocadura del río Coata a lago Titicaca



## RESUMEN

Uno de los problemas ambientales latentes está asociada al vertimiento directo de aguas residuales, las que al no ser tratadas adecuadamente se aumenta en un gran riesgo para la salud humana. El trabajo de investigación se desarrolló durante los meses de mayo a julio del 2019, con los siguientes objetivos: 1. Determinar el índice microbiológico de coliformes totales y fecales en el agua del río Coata según puntos de muestreo en las zonas PM1, PM2 y PM3. 2. Determinar los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, cloruros, sulfatos, dureza y metales pesados Pb, As, Hg y Cd), según puntos de muestreo del agua del río Coata en las zonas PM1, PM2 y PM3. Para la determinación del índice microbiológico se aplicó el método de número más probable para la cuantificación de coliformes totales y fecales, para los parámetros fisicoquímicos los métodos: electrométrico (pH), conductimetría (conductividad eléctrica), gravimétrico. (sólidos disueltos totales), incubación de 5 días (demanda bioquímica de oxígeno), refluo abierto de dicromato (demanda química de oxígeno), Mohr (cloruros), turbidimétrico (sulfatos), titulométrico (dureza total) y para la determinación de metales pesados Espectrometría de Emisión Atómica (Pb, As, Hg y Cd). Se aplicó estadística de diseño completamente al azar. Resultados: Para coliformes totales y fecales se presentaron promedios de 2400, 2400 y 150 NMP/100mL y 124, 73.67 y 19.33 NMP/100mL para cada punto de muestreo, los cuales superan el límite máximo permisible según (ECA, 2017). Parámetros fisicoquímicos presentaron promedios: pH 7.50, 7.57 y 7.64 unidades, conductividad eléctrica 1195.67, 620.33 y 672.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos disueltos totales 598.00, 309.67 y 336.33 mg/L, sulfatos 73.80, 61.63 y 65.00 mg/L, dureza 347.62, 307.78 y 293.69 mg/L los cuales se encuentran dentro de los límites máximos permisibles y demanda bioquímica de oxígeno 5.03, 3.96 y 4.13 mg/L, demanda química de oxígeno 12.57, 9.83 y 10.33 mg/L, cloruros 342.56, 309.90 y 272.58 mg/L, metales pesados plomo 0.005, 0.007 y 0.008 mg/L, arsénico 0.028, 0.030, 0.028 mg/L, cadmio 0.004, 0.004 y 0.004 mg/L están por encima de los límites máximos permisibles según (ECA, 2017), para cada punto de muestreo, no se encontró la presencia de mercurio. Se concluye que las aguas del río Coata, son de mala calidad.

**Palabras Clave:** Calidad de agua, fisicoquímica, microbiológica, metales pesados, río Coata.



## ABSTRACT

One of the latent environmental problems is associated with the direct discharge of wastewater, which, if not treated properly, increases in a great risk to human health. The research work was carried out during the months of May to July 2019, with the following objectives: 1. Determine the microbiological index of total and fecal coliforms in the water of the Coata River according to sampling points in areas PM1, PM2 and PM3 . 2. Determine the physicochemical parameters (pH, electrical conductivity, total dissolved solids, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, chlorides, sulfates, hardness and heavy metals Pb, As, Hg and Cd), according to water sampling points. Coata River in zones PM1, PM2 and PM3. For the determination of the microbiological index, the most probable number method for the quantification of total and fecal coliforms was applied, for the physicochemical parameters the methods: electrometric (pH), conductimetry (electrical conductivity), gravimetric. (total dissolved solids), 5-day incubation (biochemical oxygen demand), open reflux of dichromate (chemical oxygen demand), Mohr (chlorides), turbidimetric (sulfates), titulometric (total hardness) and for the determination of heavy metals Atomic Emission Spectrometry (Pb, As, Hg and Cd). Completely random design statistics were applied. Results: For total and fecal coliforms, averages of 2400, 2400 and 150 NMP / 100mL and 124, 73.67 and 19.33 NMP / 100mL were presented for each sampling point, which exceed the maximum allowable limit according to (ECA, 2017). Physicochemical parameters showed averages: pH 7.50, 7.57 and 7.64 units, electrical conductivity 1195.67, 620.33 and 672.67  $\mu\text{S} / \text{cm}$ , total dissolved solids 598.00, 309.67 and 336.33 mg / L, sulfates 73.80, 61.63 and 65.00 mg / L, hardness 347.62, 307.78 and 293.69 mg / L which are within the maximum permissible limits and biochemical oxygen demand 5.03, 3.96 and 4.13 mg / L, chemical oxygen demand 12.57, 9.83 and 10.33 mg / L, chlorides 342.56, 309.90 and 272.58 mg / L, heavy metals lead 0.005, 0.007 and 0.008 mg / L, arsenic 0.028, 0.030, 0.028 mg / L, cadmium 0.004, 0.004 and 0.004 mg / L are above the maximum permissible limits according to (ECA, 2017), for each sampling point, the presence of mercury was not found. It is concluded that the waters of the Coata River are of poor quality.

**Keywords:** Water quality, physicochemical, microbiological, heavy metals, Coata river.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural y elemento vital, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible. La finalidad del presente trabajo de investigación es determinar la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua del río Coata, en la actualidad este río se encuentra contaminado por aguas residuales y residuos sólidos provenientes de la ciudad de Juliaca, para conocer mejor el problema que presenta la calidad del agua, se realizó el estudio en tres lugares estratégicos en dicho río, asimismo, en el transcurso de estos últimos años la contaminación va aumentando con mayor frecuencia y esto viene generando problemas ambientales en el agua.

La mayor contaminación de los recursos hídricos es por la acción del hombre, a través de las diversas actividades informales, hace que las características naturales varíen los cuerpos de agua en los ríos, lagos, entre otros, esto se viene causando desde hace muchos años, donde se ha distinguido contaminantes microbiológicos y físicoquímicos donde también se encuentran la presencia de los metales pesados, como el plomo, mercurio, cadmio, arsénico y otros, que son altamente tóxicos para la salud del ser humano.

Las entidades Internacionales, Nacionales y Locales pretenden proteger el ambiente, pero en realidad la calidad del agua se ve impactada por el crecimiento de la población en la ciudad de Juliaca, esto hace que las aguas residuales y el uso de residuos sólidos sean incontrolables, provocando la contaminación al agua del río Coata, ya que las aguas residuales desembocan directamente a dicho río, por otro lado también afecta



en gran magnitud a la fauna, flora, actividades agropecuarias, y fundamentalmente a la salud de la población, presentando síntomas de malestar generalizado.

El presente trabajo de investigación se basa en la determinación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas del río Coata, además se propuso en determinar el indicador microbiológico y parámetros fisicoquímicos, el cual será comparado con la normatividad de estándares de calidad ambiental para agua, los que se encuentran por encima o por debajo de los límites máximos permisibles, de esta manera conocer las características de las aguas del río Coata.

Por lo tanto, en base a lo descrito se plantearon los siguientes objetivos:

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua del río Coata – Puno 2018.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el índice microbiológico (coliformes totales y fecales) en el agua del río Coata según puntos de muestreo en las zonas PM1, PM2 y PM3.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica, SDT, DBO<sub>5</sub>, DQO, cloruros, sulfatos, dureza y metales pesados (Pb, As, Hg y Cd)), según puntos de muestreo del agua del río Coata en las zonas PM1, PM2 y PM3.





## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

La medida del índice de calidad del agua en Cádiz (España) presenta un rango de 67.44 a 73.79, también en el mismo río con intersección con otro se obtuvo un ICA de 70.90 (Villa, 2011), siendo el agua de regular calidad en las Islas Flotantes Uros del Lago Titicaca – Puno (Perú) con ICA 65.09, respectivamente registró valores entre 81.74 y 71.83 (Hallasi, 2018), en la Bahía Interior de Puno (Perú) a una concentración del índice de calidad (ICA) nos afirma 65,61% lo que nos indica que el agua se encuentra regular (Quispe, 2016).

La concentración de coliformes totales presenta un promedio de 67 UFC/100mL y para coliformes fecales 33 UFC/100mL en Riobamba (Ecuador) (Caranqui, 2016), en San Nicolás de los Garza Nuevo León (México) registra un factor negativo de la calidad del agua para coliformes totales que oscila de 46 a 3450000 NMP/100mL (Ramírez, 2004), en Cuenca (Ecuador) siendo los parámetros microbiológicos más comunes son: coliformes totales, estreptococos fecales, coliformes fecales (Quintuña & Samaniego, 2016), en Cundimarca (Colombia), los coliformes totales fermentan la lactosa a 35°C +/- 2°C con la producción de ácido y gas, coliformes fecales fermentan la lactosa a 44,5°C +/- 0.2°C y producción de indol (Campuzano *et al*, 2015),

A una concentración mayor de 330 NMP/100mL y 30 NMP/100mL de coliformes totales y coliformes fecales los cuales sobrepasan los límites permisibles por ende la calidad del agua es deficiente en Melgar – Puno (Perú) (Quispe, 2017), en las Islas Flotantes Uros del Lago Titicaca – Puno (Perú), la variación de coliformes totales con el



promedio general 4424 NMP/100mL, presenta la mala calidad de agua con un rango que oscila entre 11000 y 150 NMP/100mL (Hallasi, 2018), en la Bahía Interior de Puno (Perú) siendo coliformes totales registrados con un valor máximo y mínimo de 6500 NMP/100mL y 4500 NMP/100mL (Quispe, 2016), en el río llave – Puno (Perú), la presencia de Coliformes fecales de gran carga contaminante, donde la calidad del agua es deficiente con 3200 NMP/100 ml (Pari, 2017).

Entre las conglomeraciones del promedio de arsénico total en cada mes 0.0731, 0.29835, 0.287 y 0.711 mg/L, en tacna (Perú), donde se superó el valor permisible por la norma ambiental de regulación utilizada 0.01 mg/L (Morales *et al*, 2017), las generalidades de los metales pesados, se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre (Prieto *et al*, 2009), el efecto generado por (Pb, Cd, As y Hg) en los seres humanos, en períodos de excreción pueden durar décadas (García *et al*, 2016), establece los estándares de calidad de ambiental (ECA) para el agua (ECA, 2017).

En la Bahía Interior de Puno (Perú), los parámetros fisicoquímicos se encontraron el OD 8,65mg/L, DBO<sub>5</sub> 40 mg/L, pH 8,37 unidad, C.E. 1464.82  $\mu$ s/cm, fosforo total 1,2162 mgP/L, N. Amoniacal 0,029 mgN/L (Quispe, 2016), en Riobamba (Ecuador), los niveles promedio de cloro libre residual en la red de distribución, se encuentran en promedio de 0,3 mg/L y por debajo de este valor (Caranqui, 2016), en el río llave – Puno (Perú), el estado fisicoquímico presenta mayor presencia de contaminantes como: fosfato (1.75, 2.1, 1.56 y 1 .45 mg/L), DBO<sub>5</sub> (84,96,76 y 72 mg/L), DQO (183, 218, 173 y 165 mg/L) (Pari, 2017), en las Islas Flotantes Uros del Lago Titicaca – Puno (Perú), los parámetros físico-químicos presentan promedios para la temperatura 14,74 °C; pH 8,38; DBO<sub>5</sub> 8,54 mg/l; nitratos 0,03 mg/L; fosfatos 0,04 mg/L; SDT 1147,8 mg/L; OD 6,32 mg/L y turbidez 0,96 NTU (Hallasi, 2018).



Se encuentran dentro de los estándares de la calidad ambiental para agua, pH (no se encuentra), aceites, grasas, oxígeno disuelto y fosfato (difieren), y microbiológicos (difieren significativamente) en el Río Itaya – Loreto (Perú) (Frías & Montilla, 2016), en región Ayacucho (Perú), siendo los parámetros estudiados, no sobrepasan los límites correspondientes establecidos, con excepción de fosfatos (1,51 ppm) en el puquial, y arsénico (0,13 ppm) en agua del río (Mendoza, 2018), en Huanta – Ayacucho (Perú), a su vez pH, conductividad, STD, dureza total, cumplen al 100% con el LMP, el 33,3% y 29,2% de color y turbiedad no cumplen con el LMP, en el caso de cloro residual el 91,7% no cumple con el LMP establecido (Palomino, 2017).

La contaminación es alteración directa o indirecta de las propiedades radiactivas, biológicas, térmicas o físicas, principales contaminantes (Castillo, 2006), El agua es un elemento de la naturaleza, ya que el 70% está cubierta de agua, mayoritariamente salada, y representa el 97.5% del total (Monge, 2004), la contaminación del agua causada por las actividades del hombre (Loaiza, 2009), el problemática más antigua de la contaminación ambiental, por el aumento de la población, alterando la calidad del agua (Galarza, 2016).

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Agua de río**

El agua está definida como un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación. Con la promulgación de la Ley de Recursos Hídricos, también se creó el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos y, como ente rector, se estableció a la Autoridad Nacional del Agua (MINAGRI, 2016), la superficie continental del Perú es de 1 285 215,6 km<sup>2</sup>, en tres grandes cuencas hidrográficas: océano Pacífico, océano Atlántico (río

Amazonas) y lago Titicaca. En la (Tabla 1), se puede observar que la mayor población se encuentra en la región hidrográfica del Pacífico, a diferencia de la región del Amazonas donde hay mayor volumen del recurso (Mendoza, 2018).

**Tabla 1.** Distribución de los recursos hídricos en el territorio peruano

Región Hidrográfica	Superficie		Población		Recursos Hídricos	
	10 <sup>3</sup> Km <sup>2</sup>	(%)	(Hab)	(%)	(Hm <sup>3</sup> /año)	(%)
<b>Pacífico</b>	278,48	21,67	18 801 417	62,53	34 136	1,764
<b>Amazonas</b>	957,82	74,53	10 018 789	33,32	1 895 226	97,913
<b>Titicaca</b>	48,91	3,81	1 246 975	4,15	6 259	0,323
<b>TOTAL</b>	1285,21	100	30 067 181	100	1 935 621	100

*Fuente:* (Mendoza, 2018)

Es una corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado, rara vez es constante al largo del año y desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente. Algunas veces terminan en zonas desérticas donde sus aguas se pierden por infiltración y evaporación por las intensas temperaturas (Palomino, 2017), se denomina agua superficial al conjunto de aguas que se encuentran sobre la superficie terrestre: ríos, lagos, embalses, etc. Cuando se encuentra en cantidades suficientes, es una importante fuente de abastecimiento para el consumo humano (Castillo, 2018).

### 2.2.2. La contaminación del agua de río

La contaminación del agua en los ríos en el ámbito internacional, nacional y local es cada vez más frecuente, la causa es, por producto de las actividades informales que cada vez es más incontrolable por el crecimiento de la población, sin embargo, en este caso el río Coata está contaminado por las aguas residuales y otras actividades clandestinas de la ciudad de Juliaca, el cual es un problema de no acabar para las poblaciones que se benefician de este recurso hídrico.



La contaminación de las fuentes naturales de agua superficial y subterránea, la desigual distribución espacial del recurso hídrico y los prolongados períodos de estiaje, vienen forzando la necesidad de propuestas innovadoras como fuentes alternativas para el abastecimiento de agua y por consideraciones ambientales, económicas y sociales, las aguas residuales provenientes de los desechos domésticos o procesos industriales, no pueden ser eliminadas evacuándolas directamente a las fuentes naturales (Comisión Técnica Multisectorial, 2009), el agua puede contener sustancias tóxicas, materia orgánica, jabones, grasas y otros contaminantes que representan graves riesgos para la salud humana y para el medio ambiente (OMS *et al*, 2009).

El control de la potabilidad y calidad es sumamente importante si se tiene en cuenta que el agua es un importante vehículo de transmisión de enfermedades por contaminación microbiológica producida por patógenos intestinales: bacterias, virus, protozoos, helmintos; o por contaminación fisicoquímica debido a la aparición de sustancias no deseables o que siendo elementos de la composición habitual del agua superan la Concentración Máxima Admisible (CMA), ya sean de procedencia natural o artificial (Rodríguez *et al*, 2003).

Las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECAs (Tabla 35) y (Tabla 36) del anexo, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos (ECA, 2017).



### 2.2.3. Características de la calidad microbiológicas del agua

Las bacterias son los organismos vivos más numerosos que existen, por lo mismo están presentes casi en todas partes. El agua puede contener contaminaciones de aguas negras, las cuales no pueden ser detectadas mediante análisis físicos o químicos, en cambio, las pruebas bacteriológicas se han diseñado de tal manera que puedan detectarlas (Gallardo *et al*, 2017), el origen de los microorganismos puede ser natural, es decir constituyen su hábitat natural, pero también provenir de contaminación por vertidos cloacales y/o industriales, como también por arrastre de los existentes en el suelo por acción de la lluvia (Orellana, 2005), la verificación de la calidad microbiológica del agua por lo general incluye análisis microbiológicos. Esta circunstancia debe tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados de los análisis (OMS, 2006).

- **Coliformes totales:** Son bacterias que incluye una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulados capaces de crecer en presencia de concentraciones altas de sales biliares que fermentan la lactosa y producen ácido o aldehído en 24 horas a 35°-37°C. (OMS, 2011), se pueden encontrar tanto en las heces como en el medio ambiente y en el agua para consumo con concentraciones de nutrientes relativamente elevadas (Ecofluidos Ingenieros, 2012), puesto que dentro de los coliformes totales hay especies que no son de origen fecal, los coliformes fecales son mejores indicadores de contaminación fecal por ser microorganismos procedentes del intestino humano (Álvarez, 2017).
- **Coliformes fecales:** Son organismos que son capaces de fermentar la lactosa a temperaturas de 44.0° ó 44.5°C. En el grupo de bacterias está incluida *Escherichia coli*, la cual es considerada como un organismo indicador de la contaminación fecal (Caranqui, 2016), los coliformes fecales son bacterias que viven en el tracto



intestinal de animales de sangre caliente y son excretadas en los residuos sólidos de los seres humanos y otros mamíferos (Álvarez, 2017), generalmente, las bacterias se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Ecofluidos Ingenieros, 2012).

#### 2.2.4. Características fisicoquímicas del agua

- **Potencial de hidrogeniones (pH):** Es el indicador que determina si una sustancia ácida, neutra o básica, calculando el número de iones hidrogeno presentes, la medición de este parámetro se realiza in situ. Se mide en una escala de 0 a 14, los valores de pH menores de 7 indican que una sustancia es ácida, los valores de pH mayores a 7 indican que la sustancia es básica y si el pH es 7 indica que la sustancia es neutra, los cuales tienen relevancia por encima de 9,6 y por debajo de 4,4 unidades de pH (Frías & Montilla, 2016).
- **Sólidos disueltos totales (SDT):** Es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada, corresponde al residuo seco con filtración previa, el origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico o inorgánico, tanto en aguas subterráneas como superficiales, los sólidos totales son la suma de los sólidos disueltos y de los sólidos en suspensión (Palomino, 2017).
- **Conductividad eléctrica (CE):** Es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica, esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición, las soluciones de la mayor parte de los compuestos inorgánicos son buenas conductoras y las moléculas orgánicas al no descomponerse en el agua conducen la corriente en muy baja escala (Sanabria, 2006).



- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** Es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un periodo de cinco días a 20 °C. (Navarro, 2007), la DBO<sub>5</sub> es uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación en aguas residuales, como también en el control del agua potable (Raffo & Ruiz, 2014).
- **Demanda química de oxígeno (DQO):** Es el parámetro utilizado para caracterizar la contaminación orgánica del agua que se mide a partir de la cantidad de oxígeno disuelto necesario para la degradación química de los contaminantes orgánicos que contiene (Ecofluidos Ingenieros, 2012), la DQO se realiza para medir el contenido de la materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales, en muchos casos en aguas residuales es posible establecer una relación entre DBO y DQO (Pari, 2017).
- **Cloruros:** Es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual, el sabor salado producido por el cloruro, es variable y depende de la composición química del agua, con 250 mg Cl-/L pueden tener un sabor salado detectable si el catión es el sodio, ese gusto salado típico puede estar ausente en aguas con hasta 1000mg/L cuando los cationes predominantes son el calcio y el magnesio (Flores, 2016).
- **Sulfatos:** El sulfato (SO<sub>4</sub>) se encuentra en casi todas las aguas naturales la mayor parte de los compuestos sulfatados se producen a partir de la oxidación de los minerales de sulfato y la existencia de residuos industriales con una concentración alta de sulfato en agua potable tiene un efecto laxativo cuando se combina con el calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza del agua, las





bacterias que atacan y reducen los sulfatos hacen que se forme sulfuro de hidrógeno gas ( $H_2S$ ) (Caranqui, 2016).

- **Dureza:** Es una medida de su capacidad para precipitar el jabón, por los iones calcio y magnesio, otros cationes polivalentes también pueden hacerlo, pero estos suelen estar presentes en formas complejas, frecuentemente con componentes orgánicos, y su influencia en la dureza del agua puede ser mínima y difícil de determinar, la dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato de cálcico (Caranqui, 2016), debido a la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio, mide la capacidad de un agua para producir incrustaciones, por el contrario las aguas muy blandas son agresivas y pueden no ser indicadas para el consumo (Palomino, 2017).

#### 2.2.5. Características de los metales pesados en el agua

Sus características más comunes son: persistencia, bioacumulación, biotransformación y elevada toxicidad, lo cual hace que se encuentren en los ecosistemas por largos periodos, ya que su degradación natural es difícil (Rodríguez, 2017), la contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el uso indiscriminado de diversos fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados, que se incorporan a ríos, afectando a los vegetales, animales y alimentos alteran la sostenibilidad de la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y en la sociedad, debido a que originan serios problemas en la salud humana y animal (Muñoz *et al*, 2016).

La contaminación ambiental se posiciona como uno de los más importantes problemas que afectan a la sociedad del siglo XXI, la pérdida de calidad del aire, del recurso hídrico y de suelos disponibles para actividades agrícolas se ha incrementado exponencialmente (Reyes *et al*, 2016).



### Características fisicoquímicas de los siguientes metales pesados:

- **Plomo (Pb):** El plomo es absorbido por inhalación, ingestión y a través de la piel (Reyes *et al*, 2016), entra al sistema acuático, vía escurrimiento y de la atmósfera, en los ríos podría ser insoluble si está adherido a partículas orgánicas o inorgánicas (Pezo *et al*, 1992), los niveles altos de exposición pueden afectar la síntesis de hemoglobina, la función renal, el tracto gastrointestinal, las articulaciones y el sistema nervioso (Rodríguez, 2017).
- **Arsénico (As):** El arsénico puede penetrar en el aire, el agua y el suelo a través de tormentas de polvo y aguas de escorrentía, por lo que la contaminación está muy extendida debido a su fácil dispersión (Rangel *et al*, 2015), los metales pesados y el arsénico, se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre en forma de minerales, sales u otros compuestos, pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas (Pinto, 2018), la arsenicosis crónica es una enfermedad que se presenta por elevadas concentraciones de arsénico inorgánico y presenta diferentes afectaciones en la salud humana tales como problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales y efectos cancerígenos entre otras (Reyes *et al*, 2016).
- **Mercurio (Hg):** El mercurio elemental es poco soluble y por lo tanto poco tóxico al ingerirse, pero puede emitir vapores tóxicos a cualquier temperatura y ocasionar intoxicaciones agudas y crónicas por su inhalación (Reyes *et al*, 2016), en el agua dulce se encuentra adherido a partículas de origen orgánico e inorgánico (Pezo *et al*, 1992), afectando el sistema nervioso produciendo graves daños en el cerebro en estado fetal, el sistema cardiovascular y ser cancerígeno (Castillo, 2018).



- **Cadmio (Cd):** es absorbida de manera gastrointestinal mediante la ingestión y por vía pulmonar como consecuencia de la inhalación del humo de tabaco o por exposición profesional debido a la concentración de cadmio atmosférico (Belair & Jacobs, 2017), en aguas superficiales proviene de los efluentes de galvanoplastia; así como puede ser de origen alimentario, proviniendo de vasijas barnizadas y de utensilios de cocina galvanizados (Pezo *et al*, 1992), sus efectos nocivos se producen bajo dos formas de intoxicación, agudas, irritación de tracto digestivo, cefaleas escalofríos, parálisis y depresión cardiovascular, una vez pasado al torrente sanguíneo y las crónicas, que producen lesiones (Pinto, 2018).

#### 2.2.6. Marco legal

##### **Estándares de la calidad ambiental de agua**

Esta norma define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Además (tabla 35) y (Tabla 36) del anexo, el Ministerio del Ambiente, tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo (ECA, 2017).

##### **Índice de calidad de agua**

El Índice de Calidad del Agua indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como un valor del agua pura. Así, el agua altamente contaminada tendrá un ICA = 0, en tanto que el agua en excelentes condiciones el valor del ICA = 100. El índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión



modificada del “WQI” (Water Quality Index) que fue desarrollada por la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que en español se conoce como: Índice de Calidad del Agua (ICA). Se desarrolló, por primera vez en 1970 es una metodología para crear un índice de calidad de agua debido a la necesidad de implantar un método uniforme que pudiera medir la calidad del agua. Índice puede ser aplicado a cualquier cuerpo de agua donde los objetivos hayan sido probados (BROWN *et al*, 1970).

El Índice de Calidad del Agua (ICA), se calcula mediante la agrupación de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se considera que es el indicador que determina el deterioro de los cuerpos de agua en términos de calidad (Gil, 2014). Los ICA son indicadores del estado del recurso en cuanto a su grado de afectación. Han sido formulados inicialmente para propósitos de clasificación, así como para la interpretación de las variables involucradas en un programa de monitoreo y en la actualidad, dados sus enfoques y metodologías de uso, se convierten en instrumentos que asisten en la toma de decisiones y en procesos de divulgación del estado de los recursos acuáticos. Para facilitar la integración e interpretación de los datos de calidad del agua, diferentes países han desarrollado diversos índices de calidad, en función de sus necesidades y facilidad de manejo (Castillo & Medina, 2014).

### **Guías de calidad del agua de Canadá - índice de calidad (CCME- WQI)**

En Canadá, el Canadian Council of Ministers of the Environment (Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente) Water Quality Index (índice de calidad del agua) desarrolló un ICA orientado inicialmente a la evaluación de la calidad ecológica de las aguas basado en la comparación de los valores de cada parámetro con un punto de referencia, el cual generalmente es obtenido de una norma o guía de calidad del agua; dada su flexibilidad en los parámetros y el uso de directrices para protección de la vida

acuática que emplea, el índice permite evaluar la calidad de las aguas destinadas a consumo humano (CCME-WQI, 2001), se muestra en la (Tabla 2).

$$ICA = 100 - \left[ \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right]$$

Donde:

**F<sub>1</sub>** : Alcance, porcentaje de parámetros que excede la norma

**F<sub>2</sub>** : Frecuencia, porcentaje de pruebas individuales de cada parámetro que excede la norma.

**F<sub>3</sub>** : Amplitud, magnitud en la que excede la norma cada parámetro que no cumple.

Cada uno de ellos se calcula de la siguiente manera:

$$F_1 = \left( \frac{\text{número de parámetros que no cumplen}}{\text{número total de parámetros}} \right) * 100$$

$$F_2 = \left( \frac{\text{número de datos que no cumplen}}{\text{número total de datos}} \right) * 100$$

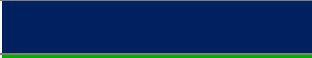




$$F_3 = \left( \frac{nse}{0.01 * nse + 0.01} \right)$$

$$nse = \left( \frac{\sum \text{excursión}}{\text{número de datos}} \right)$$

$$\text{excursión}_i = 1 - \left( \frac{\text{valor de datos que no cumple}_i}{\text{valor del objetivo}_i(LMP)} \right)$$



**Tabla 2.** Clasificación de Índice de Calidad de Agua (CCME – WQI).

CCME – WQI (2001)		
CALIDAD	COLOR	RANGO
Excelente		90-100
Buena		75-89
Regular		65-74
Marginal		45-64
Pobre		0-44

*Fuente:* (CCME-WQI, 2001)



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprendió desde la desembocadura de las aguas residuales de la ciudad de Juliaca – laguna Toroccocha al río Coata hasta la desembocadura de río Coata al lago Titicaca, este estudio se realizó durante los meses de mayo, junio y julio del 2019. El territorio de estudio se encuentra ubicada en el distrito de Coata, provincia y región Puno, con una configuración topográfica heterogénea con altitudes que van desde 3812 m.s.n.m. hasta los 4500 m.s.n.m., con microclimas favorables para la producción agropecuaria especialmente en el área localizada en la zona circunlacustre. Ubicado al norte de la capital de Puno, la población general es quechua hablante, se puede apreciar la ubicación geográfica de área de investigación (Figura 1):

- Ubicación Geográfica:

Región : Puno

Provincia : Puno

Distritos : Caracoto, Huata, Coata y Capachica.

Localidad : Coata



**Figura 1.** Mapa de ubicación geográfica del área de investigación

*Fuente:* Google

### 3.2. TIPO DE ESTUDIO

El tipo de investigación, por relacionarse con la evaluación microbiológica y fisicoquímica, se enmarca dentro de una investigación descriptiva, por interpretar lo que está ocurriendo con las aguas del río Coata.

### 3.3. POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA

**Población:** Agua del río Coata.

**Tamaño de muestra:** Agua del río Coata de los 3 puntos ubicados en desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata (PM1), comunidad de Lluco – Almozanche (PM2) y desembocadura del río Coata a lago Titicaca (PM3).

Coordenadas geográficas, U.T.M. de las zonas de muestreo, se puede ver en la tabla 3:



**Tabla 3.** Cuadro de construcción con coordenadas UTM, referidas a los puntos de muestreo en el río Coata.

PUNTOS DE MUESTREO	ZONAS DE MUESTREO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
PM1	Desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata	15°30'21.07"S	70°04'13.75"O	3830 m.s.n.m.
PM2	Comunidad de Lluco – Almozanche	15°33'33.23"S	69°57'13.56"O	3826 m.s.n.m.
PM3	Desembocadura del río Coata a lago Titicaca	15°36'02.02"S	69°54'26.58"O	3821 m.s.n.m.

*Fuente:* Elaboración propia

La ubicación geográfica de las zonas de muestreo de la investigación se muestra en la (Figura 2):



**Figura 2.** Ubicación geográfica de los puntos de muestreo - río Coata

*Fuente:* Google Maps

Durante el estudio realizado, cada punto de muestreo presentó tres repeticiones el cual se puede apreciar en la siguiente (Tabla 4) y las respectivas tomas de muestra de los

puntos de muestreo PM1 (Anexo, Figura 16), PM (Anexo, Figura 17) y PM3 (Anexo, Figura 18):

**Tabla 4.** Puntos de muestreo y número de repeticiones en agua del río Coata, durante los meses mayo a julio del 2019

N° DE MUESTRA	ZONAS DE MUESTREO	REPETICIONES			TOTAL
		MAYO	JUNIO	JULIO	
PM1	Desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata	1	1	1	3
PM2	Comunidad de Lluco – Almozanche	1	1	1	3
PM3	Desembocadura del río Coata a lago Titicaca	1	1	1	3
	TOTAL	3	3	3	9

*Fuente:* Elaboración Propio

### 3.4. MATERIALES

#### 3.4.1. Material

El principal material que se ha empleado en esta investigación es el agua de los puntos de muestreo del río Coata.

### 3.5. METODOLOGÍA

La metodología se detalla para cada objetivo específico:

#### 3.5.1. Determinar el índice microbiológico (coliformes totales y fecales) en el agua del río Coata según puntos de muestreo en las zonas PM1, PM2 y PM3

##### a) Frecuencia y muestreo

La toma de muestra se realizó durante los meses de mayo a julio del 2019, en los horarios de 6:00 a.m. hasta 10:00 a.m., los puntos de muestreo estuvieron localizados en tres lugares estratégicos del río Coata (Anexo, Figura 16); el método de toma de muestra para este efecto, se guió mediante el protocolo establecido para agua potable y residual,



fue según (MINAGRI, 2016), para los análisis microbiológicos tomó una muestra de 500 ml en cada zona de muestreo en frascos de vidrio con su respectiva muestra de agua se transportaron en un cooler, que permitió que la muestra se conserve a temperatura de refrigeración, en cada frasco de vidrio se colocó una etiqueta indicando las características del agua, y finalmente se trasladó de inmediato a los laboratorios para los respectivos análisis (Anexo, Figura 19).

### **b) Descripción detallada de los equipos y materiales**

Se utilizaron los siguientes materiales y equipos para el desarrollo de los análisis microbiológicos para cada zona de muestreo, se esterilizó 3 frascos de vidrio de boca ancha de 500 ml y se utilizó 1 frasco de vidrio para cada muestra de agua, este trabajo preliminar se realiza con un día de anterioridad al día de muestreo. La esterilización se realizó en el laboratorio de microbiología de alimentos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Escuela Profesional de Biología UNA – PUNO. Se utilizó papel kraft para envolver los 3 frascos y las pipetas, luego se somete al Autoclave de esterilización con un tiempo de 30 min a 1 hora (Anexo, Figura 21) y finalmente ha sido guardado en un cooler para luego ser utilizado en el campo y en el laboratorio para el desarrollo de los ensayos. Cada frasco de muestra es rotulado con su identidad por zonas de muestreo con número de muestra, fecha y hora, nombre del lugar, zona de muestreo y nombre del investigador.

Finalmente, los materiales de bioseguridad que se utilizaron durante la recolección de muestra el mandil, guantes, barbijo, gorro, botas y cooler (Anexo, Figura 18).

Esta descripción detallada de los equipos y materiales ha sido empleada tanto en coliformes totales y coliformes fecales.



**c) Variables**

- **Variables independientes:** zonas o puntos de muestreo, desembocadura de la laguna toroccocha con río Coata (PM1), comunidad de Lluco – Almozanche (PM2) y desembocadura del río Coata a lago Titicaca (PM3).
- **Variables dependientes:** coliformes totales y coliformes fecales (son variables dependientes del primer objetivo específico).

**d) Aplicación de la estadística**

Los datos se procesaron en Microsoft Excel, DCA y Tuckey en su versión libre para su análisis estadístico (Anexo, Tabla 37), para el procesamiento de los datos microbiológicos obtenidos en la investigación, basada en el análisis de varianza, además Tukey mide la diferencia de los valores de las medias de dos grupos en términos de la varianza intragrupal una prueba que nos permite evaluar dicha diferenciación (Montes, 2004). El análisis estadístico tiene como objetivo comparar el índice microbiológico (coliformes totales y coliformes fecales), donde el procesamiento de resultados por zonas de muestreo o puntos de muestreo se puede apreciar en (Anexo, Tablas 38, 39 y 40).

- **Diseño completamente al azar (DCA)**

El modelo estadístico usado fue el diseño bloque completamente al azar, considerando como variables independientes el punto de muestreo y los meses de muestreo, cuyo modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \rho_j + \tau_i + \epsilon_{ij} \begin{cases} i = 1,2,3 \\ j = 1,2,3 \end{cases}$$

Donde:

$Y_{ij}$  : Es la variable de respuesta



$\mu$  : La media poblacional

$\rho_j$  : Es el efecto de j-ésimo meses de muestreo (mayo, junio, julio)

$\tau_i$  : Es el efecto del i-ésimo punto de muestreo (PM1, PM2, PM3).

$\epsilon_{ij}$  : Es el error experimental.

En seguida se detallan los métodos, fundamentos y los procedimientos para cada variable microbiológico:

- **Coliformes totales**

**Método:** Número más probable (MNP).

**Fundamento**

La determinación de microorganismos coliformes totales por el método del Número más Probable (NMP), se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a  $35^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 48 h., utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliarias, consta de dos fases, la fase presuntiva y la fase confirmativa (Camacho *et al*, 2009), consiste en la inoculación de una cantidad determinada de la muestra en tubos de fermentación que contienen un medio de cultivo apropiado, examinando al cabo de determinado tiempo de incubación las reacciones provocadas por los organismos coliformes (Condo, 2016).

**Procedimiento:** Preparación de medios de cultivo (Anexo, Figura 20), se transferió de 2 a 3 asadas de cada tubo positivo obtenido durante la prueba presuntiva, a otro tubo de 16 x150 mm que contiene caldo de bilis verde brillante (Anexo, figura 22), con campana de Durham, agitar los tubos para su homogeneización, incubar a  $35\pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 24 a 48 h (Anexo, Tabla 23), registrar como positivos aquellos tubos en donde se observa turbidez (crecimiento) y producción de gas después de un período de incubación de 24 a 48 h y se



consultó el (Anexo, Tabla 34) para conocer el número más probable de organismos coliformes totales por 100 mL (Camacho *et al*, 2009).

- **Coliformes fecales**

**Método:** Número más probable (MNP).

**Fundamento**

La determinación del número más probable de microorganismos coliformes fecales se realiza a partir de los tubos positivos de la prueba presuntiva y se fundamenta en la capacidad de las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados a una temperatura de  $44.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$  por un periodo de 24 a 48 h (Camacho *et al*, 2009), comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad, ya que son de origen fecal y soportar temperaturas hasta de  $45^\circ\text{C}$  (Castaño & Bernal, 2015).

**Procedimiento:** Preparación de medios de cultivo (Anexo, Figura 20), se transferió de 2 a 3 asadas de cada tubo positivo obtenido durante la prueba presuntiva (caldo lauril sulfato de sodio) a un tubo de 16 x 150 mm, con caldo EC conteniendo campana de Durham, agitar los tubos para su homogeneización, incubar a  $44.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$  en incubadora o un baño de agua durante 24 a 48 h (Anexo, Figura 23), al término del período de incubación observar la formación de gas en los tubos, registrar como positivos todos los tubos para su respectiva siembra en medio de (EMB) (Anexo, Figura 24), finalmente la lectura (Anexo, Figura 25) y después se consultó el (Anexo, Tabla 34) para conocer el número más probable de organismos coliformes fecales por 100mL (Camacho *et al*, 2009).



**3.5.2. Determinar los parámetros fisicoquímicos como (pH, conductividad eléctrica, SDT, DBO<sub>5</sub>, DQO, cloruros, sulfatos, dureza y metales pesados (Pb, As, Hg y Cd)), según puntos de muestreo del agua del río Coata en las zonas PM1, PM2 y PM3**

**a) Frecuencia y muestreo**

La toma de muestra se realizó durante los meses de mayo a julio del 2019, en los horarios de 6:00 a.m. hasta 10:00 a.m., los puntos de muestreo estuvieron localizados en tres lugares estratégicos del río Coata (Anexo, Figura 16); el método de toma de muestra para este efecto, se guió mediante el protocolo establecido para agua potable y residual, según (MINAGRI, 2016). Para los análisis de los parámetros fisicoquímicos se tomó una muestra de 500 ml a 1000 ml en cada zona de muestreo en frascos de vidrio con su respectiva muestra de agua se transportaron en un cooler, que permitió que la muestra se conserve a temperatura de refrigeración, en cada frasco de vidrio se colocó una etiqueta indicando las características del agua, y finalmente se trasladó de inmediato a los laboratorios para los respectivos análisis (Anexo, Figura 19).

Las muestras tomadas de las zonas de muestreo fueron evacuadas a sus respectivos laboratorios, para cada tipo de análisis, para este trabajo de investigación las muestras se destinaron a los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano – Laboratorio de Control de Calidad y a la Universidad Católica de Santa María de Arequipa – Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad, donde la certificación de cada análisis se muestra en el anexo.

**b) Descripción detallada de los equipos y materiales**

Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos de pH, conductividad eléctrica, SDT, DBO<sub>5</sub>, DQO, cloruros, sulfatos, dureza total, se utilizaron los siguientes



materiales y equipos como mandil, guantes, barbijo, lentes, gorro, botas, potenciómetro, vasos de vidrio, agitador, conductímetro, balanza electrónica, balones aforados, vasos de precipitado, pipeta, botellas de winkler, equipo de incubadora de aire, balón de destilación con cuello de vidrio, condensador, placa de calentamiento, buretas, erlenmeyer, pipetas, hydrocheck, genesis 10UV, destilador kjeldahl, digestores, cronómetro, entre otros y finalmente los materiales y equipos para la determinación de los metales pesados (Pb, As, Hg y Cd) son los siguientes espectrofotómetro, balanza analítica, buretas, pipetas volumétricas, balones volumétricos y erlenmeyer.

Esta descripción detallada de los equipos y materiales ha sido empleada en parámetros fisicoquímicos y metales pesados, los materiales de bioseguridad que se utilizaron durante la recolección de muestra el mandil, guantes, barbijo, gorro, botas y cooler (Anexo, Figura 18).

#### c) Variables

- **Variables independientes:** zonas o puntos de muestreo, desembocadura de la laguna toroccocha con río Coata (PM1), comunidad de Lluco – Almozanche (PM2) y desembocadura del río Coata a lago Titicaca (PM3).
- **Variables dependientes:** pH, conductividad eléctrica, SDT, DBO<sub>5</sub>, DQO, cloruros, sulfatos, dureza y metales pesados (Pb, As, Hg y Cd), (son variables dependientes del segundo objetivo específico).

#### d) Aplicación de la estadística

Los datos se procesaron en Microsoft Excel, DCA y Tuckey en su versión libre para su análisis estadístico (Anexo, Tabla 37), para el procesamiento de los datos fisicoquímicos y metales pesados obtenidos en la investigación, basada en el análisis de varianza, además Tukey mide la diferencia de los valores de las medias de dos grupos en





términos de la varianza intragrupal una prueba que nos permite evaluar dicha diferenciación (Montes, 2004). El análisis estadístico tiene como objetivo comparar los parámetros fisicoquímicos y metales pesados, donde también el procesamiento de resultados por zonas de muestreo o puntos de muestreo se pueden apreciar en (Anexo, Tablas 38, 39 y 40).

- **Diseño completamente al azar (DCA)**

El modelo estadístico usado fue el diseño bloque completamente al azar, considerando como variables independientes el punto de muestreo y los meses de muestreo, cuyo modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \rho_j + \tau_i + \epsilon_{ij} \begin{cases} i = 1,2,3 \\ j = 1,2,3 \end{cases}$$

Donde:

$Y_{ij}$  : Es la variable de respuesta

$\mu$  : La media poblacional

$\rho_j$  : Es el efecto de j-ésimo meses de muestreo (Mayo, Junio, Julio)

$\tau_i$  : Es el efecto del i-ésimo punto de muestreo (PM1, PM2, PM3).

$\epsilon_{ij}$  : Es el error experimental.

En seguida se detallan los métodos, fundamentos y los procedimientos para cada variable fisicoquímica:

- **Potencial de hidrogeniones (pH)**

**Método:** Electrométrico (pH).



## Fundamento

El pH es un parámetro que mide la concentración de iones hidronio presentes en el agua, el pHmetro consta de un electrodo de vidrio que genera una corriente eléctrica proporcional a la concentración de protones de la solución y que se mide en un galvanómetro, la corriente puede transformarse fácilmente en unidades de pH o mV por diferentes procedimientos de calibrado, el valor del pH depende de la temperatura (Severiche *et al*, 2013), para trabajos de rutina usar instrumentos con exactitud y reproducibilidad de 0,1 unidades de pH en un rango de 0 a 14 y equipados con un compensador de temperatura Electrodo de referencia, consiste en una semicelda que provee un potencial de electrodo constante; los más comúnmente usados son electrodos de calomel y plata: cloruro de plata (Afanador, 2007).

**Procedimiento:** Para mediciones in situ, el pH debe medirse directamente en el cuerpo de agua, en los casos que esta operación se dificulte y se obtenga una muestra con algún dispositivo de muestreo (como frasco, botella muestreadora o balde), debe medirse a la mayor prontitud posible directamente en dicho dispositivo para así minimizar cualquier variación, operar el equipo que resumidamente consiste en: conectar el aparato, verificar o realizar su ajuste, introducir el electrodo en la muestra de agua, agitar ésta suavemente para garantizar su homogeneidad y facilitar el equilibrio entre electrodo y muestra, presionar el botón de medida, esperar que se estabilice el valor y leerlo, la agitación debe ser suave para minimizar entrada de dióxido de carbono que pudiera alterar el resultado (Severiche *et al*, 2013).

- **Sólidos disueltos totales (SDT)**

**Método:** Gravimétrico.



## Fundamento

Los sólidos disueltos totales, son las sustancias que permanecen después de filtrar y evaporar a sequedad una muestra bajo condiciones específicas, en los sólidos disueltos totales (SDT), se determina el incremento de peso que experimenta una cápsula tarada, tras la evaporación en ella de una alícuota de la muestra previamente filtrada y que posteriormente es secada a peso constante a  $180^{\circ}\text{C}$ , temperatura a la cual el agua de cristalización está prácticamente ausente, el contenido de sólidos disueltos puede estimarse por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales (Severiche *et al*, 2013), debido a las diferentes solubilidades de diferentes minerales, las concentraciones de SDT en el agua varían considerablemente de unas zonas geológicas a otras (Ecofluidos Ingenieros, 2012).

**Procedimiento:** Preparación del filtro y la cápsula de porcelana: Encender la mufla a  $180\pm 2^{\circ}\text{C}$ , colocar el filtro (con la cara rugosa hacia arriba), en el equipo de filtración, aplicar vacío y lavar con 3 porciones sucesivas de 20 mL de agua destilada, continuar la succión hasta remoción total de las trazas de agua, desechar el filtrado, retirar el filtro, depositarlo en la cápsula de evaporación que se va a tarar y llevarlos a la mufla por 1 hora a  $180\pm 2^{\circ}\text{C}$ , después de la hora, sacar la cápsula con el filtro y colocarla en el desecador, con las pinzas, retirar el filtro y colocarlo sobre papel aluminio en el mismo desecador donde se dejará en reposo junto con la cápsula hasta el momento de usarlos y pesar la cápsula inmediatamente antes de usar y registrar el dato (Castillo *et al*, 2013).

- **Conductividad eléctrica (CE)**

**Método:** Conductimetría.



## Fundamento

La conductividad es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica, esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición, las soluciones de la mayor parte de los compuestos inorgánicos son buenas conductoras, las moléculas orgánicas al no disociarse en el agua, conducen la corriente en muy baja escala, el método es aplicable a aguas potables, superficiales, salinas, aguas residuales domésticas e industriales y lluvia ácida, el rango de trabajo en el IDEAM oscila entre 0.0 y 1999  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . (Sanabria, 2006).

**Procedimiento:** Transfiera cuantitativamente esta solución en un balón volumétrico de 1000 mL, agite muy bien la solución antes de aforarla, verifique que la conductividad de esta solución es de 1412  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25,0 °C (Sanabria, 2006), se procede a encender y calibrar el conductivímetro, utilizando una solución de conductividad eléctrica conocida a una temperatura de 25°C aproximadamente; se introduce el sensor hasta la mitad y pasar a registrar en la pantalla del mismo, para realizar las lecturas de conductividad eléctrica se introduce el sensor directamente en el cuerpo de agua y se genera automáticamente la lectura por el instrumento (conductivímetro) (Torres, 2006).

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>).**

**Método:** Incubación de 5 días.

## Fundamento

El método consiste en la incubación de las muestras en botellas herméticamente cerradas, para evitar la entrada de aire bajo condiciones específicas en un tiempo determinado, las mediciones de DBO<sub>5</sub> que incluyen las demandas de oxígeno carbonácea y nitrogenácea generalmente no son usuales, por esto, donde sea necesario se usa un



inhibidor químico para prevenir la oxidación del amoníaco, así, se puede medir separadamente ambas demandas (Londoño *et al*, 2010), la DBO<sub>5</sub> es un indicador de materia orgánica presente en el agua y se emplea para evaluar la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica biodegradable presente (Chibinda *et al*, 2017).

**Procedimiento:** Determine el DBO de cinco días a 20°C de una disolución de control patrón de glucosa ácido glutámico incubando una dilución al 2 % y determine el OD inicial y final de la solución, el valor de la DBO<sub>5</sub> para esta solución patrón debe ser de 198±30,5 mg./L, si los resultados están fuera de este rango, debe buscar la causa del problema antes de analizar una muestra (Londoño *et al*, 2010).

- **Demanda química de oxígeno (DQO).**

**Método:** Reflujo abierto de dicromato.

### **Fundamento**

El método está basado en una oxidación de la materia orgánica con un exceso de dicromato de potasio en un medio fuertemente ácido, al final de la reacción se determina el exceso de dicromato por titulación con sulfato de amonio ferroso (FAS), en presencia de un indicador (Giraldo *et al*, 2010), la DQO se determina adicionando una cantidad pesada de dicromato potásico (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) 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 (Aznar & Alonso, 2000).

**Procedimiento:** Muestras con DQO mayor de 50 mg/L:

Tome con pipeta volumétrica 50 ml. de muestra, (si el DQO es mayor de 900, tome una alícuota menor y complete hasta 50 con agua destilada) en un balón de reflujo



de 500 ml, añada 1 gr. de  $\text{HgSO}_4$ , agregue muy lentamente 5 ml de ácido sulfúrico concentrado para disolver el sulfato de mercurio enfríe la mezcla para evitar posibles pérdidas el material volátil, añada 25 ml de la solución de dicromato de potasio 0,25 N y mezcle; haciendo girar el matraz en un chorro de agua fría, adicione cuidadosamente 70 ml del reactivo de ácido sulfúrico, conecte el matraz al condensador y deje en reflujo durante 2 horas, enfríe y lave el condensador con agua destilada, diluya la mezcla hasta aproximadamente el doble de su volumen, enfríe a temperatura ambiente, adicione 2 - 3 gotas de ferroina como indicador, finalmente quedara de color del azul verdoso al marrón (Vives, 2003).

- **Cloruros**

**Método:** Mohr

**Fundamento**

El método nitrato mercúrico consiste en la titulación del ión cloruro con nitrato mercúrico para la formación de cloruro mercúrico soluble, ligeramente disociado, la difenilcarbazona indica el punto final de la titulación por la formación de un complejo color purpura con los iones mercúricos en exceso, el xolenocianol sirve como indicador de pH y para resaltar el punto final (Calsín, 2016), la plata reacciona con los cloruros para formar un precipitado de cloruro de plata de color blanco, en las inmediaciones del punto de equivalencia al agotarse el ión cloruro, empieza la precipitación del cromato, la formación de cromato de plata puede identificarse por el cambio de color de la disolución a anaranjado-rojizo, así como en la forma del precipitado (NMX-AA-073-SCFI, 2001).

**Procedimiento:** Se insertó un tubo de alimentación limpio en el cartucho de titulación, se hizo girar la perilla de descarga para expulsar algunas gotas al titulador, se reinició el contador a cero y se limpió la punta, seguidamente se utilizó una probeta o pipeta para



medir el volumen de la muestra, se transfirió la muestra al frasco de Erlenmeyer limpio de 250 mL, se diluyó aproximadamente hasta la marca de 100 mL agua destilada, en algunas muestras, luego se agregó el indicador dicromato de potasio y la muestra se tornará de color amarillo luego se hizo girar el frasco mientras se titula con nitrato de plata desde amarillo a rosa, se registró el número de dígitos requeridos (Calsín, 2016).

- **Sulfatos**

**Método:** Turbidimétrico

**Fundamento**

Los sulfatos se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y son relativamente abundantes en las aguas duras, el ión sulfato precipita en medio ácido con cloruro de bario formando cristales de sulfato de bario de tamaño uniforme, se puede medir espectrofotométricamente a 420nm, siendo la concentración de  $SO_4^{2-}$  determinada respecto a una curva de calibración, este método permite determinar hasta 40 mg/L de sulfatos, si la muestra presenta una concentración mayor se debe realizar una dilución (Acevedo *et al*, 2013), también se define como, el ión sulfato tiende a precipitar en forma coloidal en un medio ácido acético con cloruro de bario, formando cristales de  $BaSO_4$  de tamaño uniforme; esta tendencia se incrementa con la presencia de cloruros, la turbidez de la solución se mide en un espectrofotómetro a 420 nm (Gutiérrez *et al*, 2010).

**Procedimiento:** Las condiciones ambientales no son críticas para la realización de este ensayo, preparación de la curva de calibración:

Pipetear volúmenes crecientes de la solución patrón de sulfato y completar a volumen con agua desionizada para obtener al menos seis concentraciones comprendidas en el intervalo de 0 a 40 mg/L, transferir los patrones a vasos de precipitado de 100 mL, adicionar a cada patrón 2.5 mL de solución acondicionadora y agitar con varilla de vidrio;



adicionar una cucharilla de cristales de cloruro de bario y agitar nuevamente en forma vigorosa, leer antes de 5 minutos en espectrofotómetro a 420 nm con celdas de 1cm de paso óptico y en función del espectrofotómetro utilizado, crear la curva de calibración (Severiche *et al*, 2013).

- **Dureza total**

**Método:** Titulométrico

**Fundamento**

Algunos compuestos orgánicos nitrogenados, forman con los iones metálicos, complejos internos o quelatos que sirven para la determinación cuantitativa de los metales, estos compuestos orgánicos se llaman complexonas y las determinaciones se denominan valoraciones complexométricas (Giraldo *et al*, 2010).

La dureza se mide en grados de dureza alemanes °DH, o en mg/L de CaCO<sub>3</sub>. (1 °DH=10 mg de CaO/L). Las aguas se clasifican por su dureza según la (Tabla 5).

**Tabla 5.** Clasificación de las aguas según la dureza

<b>DUREZA mg/L de CaCO<sub>3</sub></b>	<b>TIPO DE AGUA</b>
<b>0 – 75</b>	Suave
<b>75 – 150</b>	Agua poco dura
<b>150 – 300</b>	Agua dura
<b>Más de 300</b>	Agua muy dura

*Fuente:* (Londoño *et al*, 2010).

**Procedimiento:** Titulación de muestras:

Colocar 50 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, añadir 1 mL ó 2 mL de disolución amortiguadora, generalmente un mL es suficiente para alcanzar un pH de 10,0 a 10,1 Und, añadir una cantidad adecuada (0,2 g) del indicador eriocromo negro





T, a muestra debe tomar un color vino rojizo y titular con la disolución de EDTA 0,01M agitando continuamente hasta que desaparezcan los últimos matices rojizos, añadir las últimas gotas con intervalos de 3s a 5s, en el punto final la muestra cambia de color rojizo a azul (NMX-AA-072-SCFI, 2001).

### **Determinación de los metales pesados (Pb, As, Hg y Cd)**

**Método:** Espectrometría de emisión atómica (METODO EPA 200.7)

### **Fundamento**

Comúnmente, el término de metales pesados es utilizado para referirse a un conjunto de diversos elementos químicos a los que son atribuidos diferentes efectos de contaminación, toxicidad y ecotoxicidad, los metales ejercen su acción de muchas maneras, pero por lo general lo hacen dentro de las células corporales, algunos interrumpen las reacciones químicas, mientras que algunos bloquean la absorción de los nutrientes esenciales, y otros cambian las formas de los compuestos químicos vitales inutilizándolos, algunos metales se unen a los nutrientes en el estómago lo que evita su absorción, estos resultados dependen del metal específico y del órgano afectado. En la (Tabla 6), se presentan los metales pesados con su respectivo nombre y símbolo (Zorrilla, 2011).

Los análisis de metales pesados en sedimentos se realizaron en el laboratorio acreditado SAG S.A.C. donde utilizaron el método EPA 200.7, determinación de metales y oligoelementos en agua y agua mediante plasma acoplado inductivamente - espectrometría de emisión atómica, 1994 (Luque, 2018).

**Tabla 6.** Metales pesados

<b>Ag</b>	<b>Plata</b>	<b>Li</b>	<b>Litio</b>
<b>Al</b>	Aluminio	<b>Mg</b>	Magnesio
<b>As</b>	Arsénico	<b>Mn</b>	Manganeso
<b>B</b>	Boro	<b>Mo</b>	Molibdeno
<b>Ba</b>	Bario	<b>Ni</b>	Níquel
<b>Cd</b>	Cadmio	<b>Pb</b>	Plomo
<b>Co</b>	Cobalto	<b>Se</b>	Selenio
<b>Cr</b>	Cromo	<b>Sr</b>	Estroncio
<b>Cu</b>	Cobre	<b>V</b>	Vanadio
<b>Fe</b>	Hierro	<b>Zn</b>	Zinc
<b>Hg</b>	Mercurio		

*Fuente:* (Zorrilla, 2011).

**Procedimiento:** Es una de las técnicas analíticas más utilizada para la determinación de trazas metálicas, la técnica consiste en la medida de la radiación absorbida por un vapor atómico a una longitud de onda específica en la región ultravioleta del espectro electromagnético.

La preparación de la muestra implica llevarla al estado de solución donde el elemento de interés se encuentra generalmente en estado iónico, lo que implica la conversión de las especies del elemento al estado de átomo libre, para lo cual existen dos métodos de atomización de la muestra: con llama o continua y electrotérmica, los átomos en fase de vapor absorben aquellas radiaciones cuyas energías coinciden exactamente con las de sus transiciones electrónicas, dado que las líneas de absorción atómica son muy estrechas y que las energías de transición son características de cada elemento, estos métodos son muy específicos (Zorrilla, 2011).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Determinación de índices microbiológicos (coliformes totales y fecales) en aguas del río Coata, según puntos de muestreo en las zonas PM1, PM2 y PM3

##### 4.1.1. Coliformes totales (CT)

Para coliformes totales según los puntos de muestreo en las aguas del río Coata, presentaron 2400, 2400 y 2400 NMP/100 mL, con un promedio de 2400 NMP/100 mL en la desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata PM1; 2400, 2400 y 2400 NMP/100 mL, con un promedio de 2400 NMP/100 mL en la comunidad de Lluco – Almozanche PM2 y 120, 210 y 120 NMP/100 mL, con un promedio de 150 NMP/100 mL en la desembocadura del río Coata a lago Titicaca PM3, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019. Los cuales se muestran en (Anexo, Tabla 21).

Los valores de coliformes totales, todos se encontraron por encima del límite máximo permisible de 50 NMP/100 mL establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas superficiales de la población y recreacional (ECA, 2017), lo cual significa que las aguas del río Coata no son aptos para el consumo humano, asimismo presentaron diferencia en los variables y su desviación estándar (Tabla 7).

**Tabla 7.** Prueba de comparación múltiple, para la variable de coliformes totales, según los puntos de muestreo, 2019.

Puntos de Muestreo	n	Promedio $\pm$ DS (NMP/100 ml)	Tukey ( $\alpha = 0.05$ )
PM1	3	2400 $\pm$ 0.0	a
PM2	3	2400 $\pm$ 0.0	a
PM3	3	150 $\pm$ 51.96	b

*Fuente:* Elaboración propia

Existe diferencia entre los puntos de muestreo para la variable coliformes totales  $p=0.0001 < \alpha = 0.05$ , por lo que, al realizar la comparación de promedios para demostrar la diferencia entre los puntos de muestreo, usando la Prueba Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Se observa que no hay diferencia entre los puntos de muestreo (PM1 y PM2), pero es diferente al punto de muestreo 3 (PM3), lo cual demuestra que la mayor concentración de coliformes totales, se presentó en los puntos de muestreo PM1 y PM2 (Figura 3).



**Figura 3.** Promedios de coliformes totales (NMP/100 ml) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación respecto a coliformes totales, se encontraron con promedios de 2400, 2400 y 150 NMP/100 mL en las zonas de muestreo PM1, PM2 y PM3, estos valores son inferiores a los presentados por Aguilar (2017), los valores obtenidos de 4 muestras de agua en dos zonas de muestreo para el río Torococha zona I fue: 11000 NMP/100 ml y en la zona II fue: 11000 NMP/100 ml de coliformes totales, las cuales superan el ECA para ríos de la sierra (coliformes totales 3000 NMP/100 ml), en ambas zonas presentan elevada cantidad de bacterias coliformes. Por otro lado Quispe (2016), en la Bahía Interior de Puno, obtuvo los valores máximo 6500 NMP/100 ml y un valor mínimo 4500 NMP/100 ml, estos superan los estándares de



calidad ambiental para agua categoría 4 (conservación del medio ambiente acuático – DS N° 002- 2008 – MINAM / 2000NMP/100 mL). La mayor contaminación se presenta por la descarga de aguas residuales que vierten directamente, de tal manera es un peligro para la salubridad de la población y especies acuáticas.

Asimismo, Hallasi (2018), en las 5 islas de los Uros del lago Titicaca obtuvo el promedio general de 4 424 NMP/100 ml obteniendo un valor máximo de 11 000 NMP/100 ml y un valor mínimo de 150 NMP/100 ml, los altos valores de coliformes totales muestran una importante carga bacteriana en las aguas, de igual manera Blanco (2018), en su trabajo de investigación obtuvo el mayor valor en el reservorio del distrito de Cabanillas con 303.33 NMP/100 ml y el menor valor en la red domiciliaria con 8.33 NMP/100 ml, existe una carga bacteriana en agua de consumo humano estos valores que se encuentran muy por encima de los límites máximos permisibles 50 NMP/100 ml destinada a la producción de agua potable según MINAM (2015).

La presencia de coliformes totales en elevadas cantidades en aguas del río Coata es por diferentes microorganismos patógenos como virus, bacterias, parásitos y otros organismos que transmiten enfermedades como fiebre, tifoidea, gastroenteritis, disenterías, hepatitis y salmonelosis, etc. Generalmente estos microbios llegan al agua en las heces de humanos, que son transmitidas por aguas residuales de la ciudad de Juliaca, por lo que estos son evacuadas directamente al río Coata, ocasionando desaparición de los recursos naturales; la degradación de los suelos cultivables, la extinción de la biodiversidad, la fauna y la flora; aspectos que se constituyen en la preocupación de los pobladores, cada vez con mayor frecuencia se nota la contaminación del río Coata, ocasionando el deterioro en la calidad de vida de la población y el medio ambiente.

#### 4.1.2. Coliformes fecales (CF)

Para coliformes fecales según los puntos de muestreo en agua del río Coata, presentaron los resultados 29, 53 y 290 NMP/100 ml, con un promedio de 124 NMP/100 ml en la desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata PM1; 160, 34 y 27 NMP/100 mL, con un promedio de 73.67 NMP/100 mL en la comunidad de Lluco – Almozanche PM2 y 20, 23 y 15 NMP/100 mL, con un promedio de 19.33 NMP/100 mL en la desembocadura del río Coata al lago Titicaca PM3, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019, los cuales se muestran en (Anexo, Tabla 22).

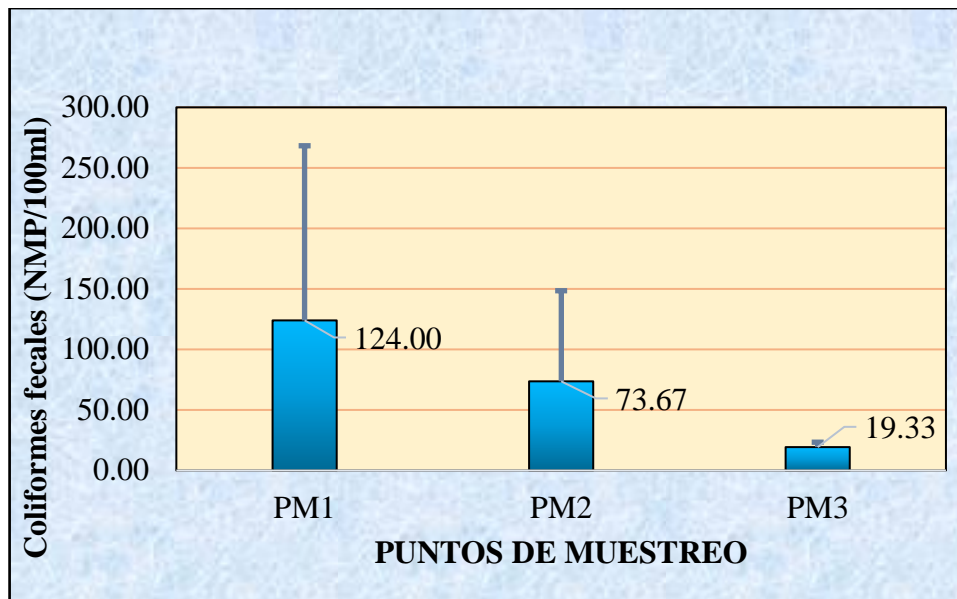
De los resultados de coliformes fecales, se encontraron por encima del límite máximo permisible de 20 NMP/100 mL establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas superficiales de la población y recreacional (ECA, 2017), lo cual significa que las aguas del río Coata son de muy mala calidad, por otro lado no presentaron diferencia en los variables y su desviación estándar (Tabla 8).

**Tabla 8.** Comparación múltiple, para la variable coliformes fecales, según los puntos de muestreo, 2019.

Puntos de Muestreo	n	Promedio $\pm$ DS (NMP/100ml)	Tukey ( $\alpha = 0.05$ )
PM1	3	124.00 $\pm$ 144.26	a
PM2	3	73.67 $\pm$ 74.85	a
PM3	3	19.33 $\pm$ 4.04	a

*Fuente:* Elaboración propia

No existe diferencia significativa entre los puntos de muestreo para la variable coliformes fecales, siendo similares entre los meses de mayo a julio respectivamente, por lo tanto, no se encontró diferencias estadísticas significativas, esto indica que ya no es necesario la comparación de la Prueba de Tukey, siendo ( $p=0.3655$ ), para lo cual presentamos la siguiente (Figura 4).



**Figura 4.** Promedios de coliformes fecales (NMP/100 ml) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación respecto a coliformes fecales, se encontraron con promedios de 124, 73.67 y 19.33 NMP/100 mL en los puntos de muestreo PM1, PM2 y PM3, respectivamente estos valores son inferiores a los reportados por Pari (2017), en su investigación en el río Ilave en la zona urbana determinó la presencia de coliformes fecales; el más alto valor con concentraciones de hasta (3200 NMP/100 mL), supone que el vertimiento de aguas residuales es la principal fuente de contaminación, por otro lado, Quispe (2016), obtuvo los coliformes fecales (*Escherichia coli*) donde determino un valor máximo y mínimo de 680 NMP/100 mL y 550 NMP/100 mL, estaría causando mayores niveles de concentración de coliformes fecales en estas zonas de la Bahía interior de Puno, esto se encuentra superiores de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua dado para la categoría 4 (conservación del medio ambiente acuático – DS N° 002- 2008 – MINAM / 1000NMP/100 mL).

De igual manera Calsín (2016), en su trabajo de investigación en aguas de pozos en el sector Taparachi III de la ciudad de Juliaca obtuvo un promedio general de los pozos artesanales presentan mayores valores que aguas de pozos tubulares 107.22 a 27.79



UFC/100 ml, la cual indica que el agua de pozos tubulares y artesanales no son aptas para consumo, respectivamente las aguas en ambos casos exceden el límite máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (0 UFC/100 mL), asimismo Aguilar (2017), reporta los resultados obtenidos en 5 muestras de aguas para el río Torococha en la zona I fue: coliformes fecales 2000 NMP/100 ml, en la zona II fue: coliformes fecales 3350 NMP/100 ml, debido a la elevada cantidad de bacterias de tipo coliformes son consideradas agua de mala calidad, las cuales superan el ECA para ríos de la sierra (coliformes totales 3000 NMP/100 ml).

La contaminación fecal es el principal riesgo sanitario en las aguas del río Coata, con parásitos, virus entre otros organismos que transmiten microorganismos patógenos que causan enfermedades gastrointestinal, diarreas entre otros, también afecta en un gran magnitud con la desaparición de la fauna, flora, actividades agropecuarias, y fundamentalmente afectando en la salud de la población que vive en los alrededores del río Coata, esto ocurre a causa de la contaminación de las aguas residuales de la ciudad de Juliaca con excrementos humanos y desechos de residuos sólidos, en la actualidad la algunas personas a causa de esta contaminación ya sufren de estas enfermedades por la presencia de coliformes fecales.

#### **4.1.3. Índice de la calidad microbiológica del agua de río Coata**

El Índice de Calidad de Agua (ICA) es una herramienta estadística para estimar la calidad de un cuerpo de agua, indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como un valor del agua pura. Para lo cual determinamos el índice microbiológico para coliformes totales y fecales en agua del río Coata según zonas de muestreo.





Cálculo de ICA, con los datos obtenidos en el río Coata durante los meses mayo a julio.

- **Calculando con los datos del mes de mayo se tiene:**

Para F1:

$$F_1 = \left(\frac{2}{2}\right) * 100 = 100$$

Para F2:

$$F_1 = \left(\frac{2}{6}\right) * 100 = 33.33$$

Excursiones para coliformes totales:

$$Excusión_i = 1 - \left(\frac{2400}{50}\right) = -47$$

Excursiones para coliformes fecales:

$$Excusión_i = 1 - \left(\frac{29}{20}\right) = -0.45$$

Cálculo de la sumatoria de excursiones:

$$nse = \frac{(-47) + (-0.45)}{6} = -7.91$$

Para F3:

$$F_3 = \left(\frac{-7.91}{0.01 * (-7.91) + 0.01}\right) = 114.47$$

Cálculo de Índice de Calidad de Agua (ICA):

$$ICA = 100 - \left[\frac{\sqrt{100^2 + 33.33^2 + 114.47^2}}{1.732}\right] = 10.156$$



$$ICA = 10.156$$

- **Calculando con los datos del mes de junio se tiene:**

Para F1:

$$F_1 = \left(\frac{2}{2}\right) * 100 = 100$$

Para F2:

$$F_1 = \left(\frac{2}{6}\right) * 100 = 33.33$$

Excursiones para coliformes totales:

$$Excursión_i = 1 - \left(\frac{2400}{50}\right) = -47$$

Excursiones para coliformes fecales:

$$Excursión_i = 1 - \left(\frac{53}{20}\right) = -1.65$$

Cálculo de la sumatoria de excursiones:

$$nse = \frac{(-47) + (-1.65)}{6} = -8.108$$

Para F3:

$$F_3 = \left(\frac{-8.108}{0.01 * (-8.108) + 0.01}\right) = 114.07$$

Cálculo de índice de calidad de agua (ICA):

$$ICA = 100 - \left[\frac{\sqrt{100^2 + 33.33^2 + 114.07^2}}{1.732}\right] = 10.326$$



$$ICA = 10.326$$

- **Calculando con los datos del mes de julio se tiene:**

Para F1:

$$F_1 = \left(\frac{2}{2}\right) * 100 = 100$$

Para F2:

$$F_1 = \left(\frac{2}{6}\right) * 100 = 33.33$$

Excursiones para coliformes totales:

$$Excusión_i = 1 - \left(\frac{2400}{50}\right) = -47$$

Excursiones para coliformes fecales:

$$Excusión_i = 1 - \left(\frac{290}{20}\right) = -13.50$$

Cálculo de la sumatoria de excursiones:

$$nse = \frac{(-47) + (-13.50)}{6} = -10.083$$

Para F3:

$$F_3 = \left(\frac{-10.083}{0.01 * (-10.083) + 0.01}\right) = 111.01$$

Cálculo de índice de calidad de agua (ICA):

$$ICA = 100 - \left[\frac{\sqrt{100^2 + 33.33^2 + 111.01^2}}{1.732}\right] = 11.615$$

$$ICA = 11.615$$

Finalmente, los resultados que se han obtenido mediante el cálculo para el índice de calidad del agua fueron obtenidos por meses:

**Tabla 9.** Resumen del cálculo de ICA, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019.

Mes	Valor de ICA
Mayo	10.156
Junio	10.326
Julio	11.615
Total	32.097
Promedio	10.699

*Fuente:* Elaboración propia

Teniendo los resultados con respecto al Índice de Calidad de Agua (ICA), durante el periodo de investigación se han obtenido con valores de 10.156, 10.326 y 11.615 en los meses de mayo, junio y julio respectivamente se muestra en la (tabla 9), esto nos indica que el agua del río Coata es pobre, esto significa que el agua es de muy mala calidad, lo cual fue comparada con la tabla de (CCME-WQI, 2001), (tabla 2). Asimismo, se ha utilizado la normatividad de las Estándares de la Calidad de Agua para el cálculo de ICA (ECA, 2017)

#### **4.2. Determinación de los parámetros fisicoquímicos como (pH, conductividad eléctrica, SDT, DBO<sub>5</sub>, DQO, cloruros, sulfatos, dureza y metales pesados (Pb, As, Hg y Cd)), según puntos de muestreo del agua del río Coata en las zonas PM1, PM2 y PM3.**

##### **4.2.1. Potencial de hidrogeniones (pH)**

Para pH según los puntos de muestreo en aguas del río Coata, presentaron los resultados de pH 7.30, 7.56 y 7.65 Unidades con un promedio de 7.50 Unidades en la

desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata PM1; 7.46, 7.60 y 7.66 Unidades con un promedio de 7.57 Unidades en la comunidad de Lluco – Almozanche PM2 y 7.47, 7.80 y 7.60 Unidades con un promedio de 7.64 unidades en la desembocadura del río Coata a lago Titicaca PM3, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019, los cuales se muestran en el (Anexo, Tabla 23).

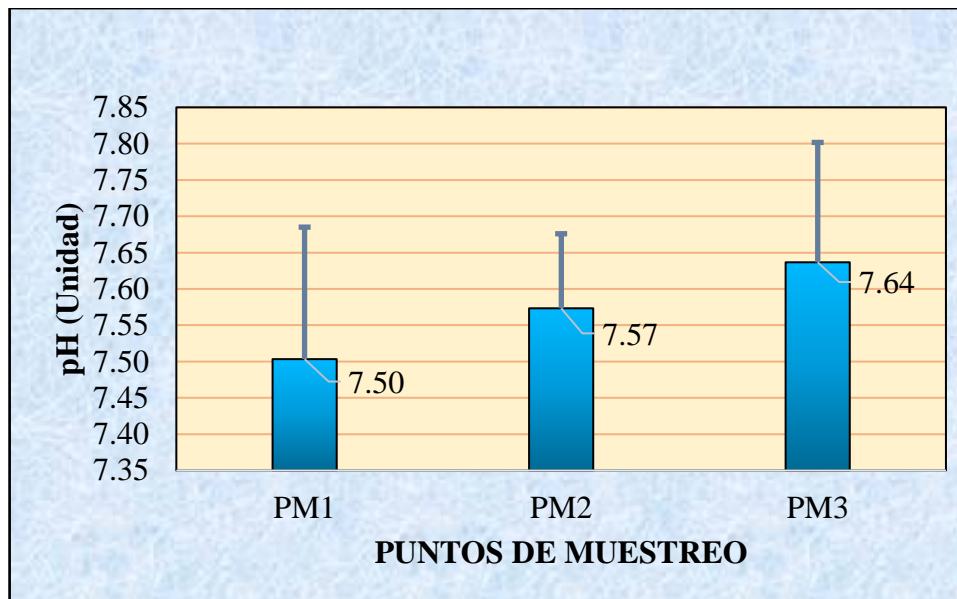
Los resultados de pH, todos se encontraron dentro del límite máximo permisible de pH 6.5 a 8.5 Unidades establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas superficiales de la población y recreacional (ECA, 2017), lo cual significa que las aguas del río Coata son alcalinos o basicos, asimismo no presentaron diferencia en los variables y su desviación estándar (Tabla 10).

**Tabla 10.** Resultados de la prueba de comparación múltiple, para la variable potencial de hidrogeniones, según los puntos de muestreo, 2019.

<b>Puntos de Muestreo</b>	<b>n</b>	<b>Promedio ± DS (Und)</b>	<b>Tukey (<math>\alpha = 0.05</math>)</b>
PM1	3	7.50 ± 0.18	a
PM 2	3	7.57 ± 0.10	a
PM 3	3	7.64 ± 0.17	a

*Fuente:* Elaboración propia

No existe diferencia significativa entre los puntos de muestreo para la variable pH, siendo similares entre los puntos de muestreo durante los meses de mayo a julio respectivamente, por ende, no se encontró diferencias estadísticas significativas, esto indica que ya no es necesario la comparación de la Prueba de Tukey, siendo ( $p=0.2318$ ) por lo que se muestra en la siguiente (Figura 5).



**Figura 5.** Promedios de pH (Unidad) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación respecto a pH se encontraron con promedios de 7.50, 7.57 y 7.64 unidades en los puntos de muestreo PM1, PM2 y PM3, estos valores fueron similares a los resultados por Villa (2011), en su trabajo de investigación determinó los valores de pH en las aguas analizadas en el río Yacuambi – España, se vio incrementada desde un estado neutro hasta uno ligeramente alcalino, variando en un rango de 6,0 a 7,58 unidades. Estos valores cumplieron con éxito la Normativa ambiental vigente que establece un valor de pH adecuado entre 6 y 9 unidades para aguas de consumo humano. Asimismo, Mendoza (2018), obtuvo los valores de pH en la laguna Sacsamarca - Ayacucho se encuentran entre 6 y 7 unidades, el cual también tiene resultado similar por lo tanto se encuentra dentro del parámetro para el consumo humano como también para bebida de animales 6.5 a 8.5 unidades (ECA-MINAM 2015).

Por otro lado, Quintuña & Samaniego (2016), en su evaluación encontró en las aguas el valor promedio del agua tratada es de 6,66 unidades encontrándose dentro de los valores de referencia de acuerdo a la norma NTE INEN 1108:2006 (6,5 – 8,5), valores de pH menores de 7 son aguas ácidas y favorecen la corrosión de sustancias metálicas que



se encuentren en contacto con ella, y las que poseen valores de pH mayores de 7 son aguas básicas, por otro lado Gutierrez (2018), en su investigación presenta concentraciones de pH con promedios de 8.21 y 7.90, en aguas del río Coata, el cual es superior a nuestro trabajo de investigación, esto indica que en el año 2019 el pH presento valores menores al año anterior, esto indica cuanto más contaminación el pH va bajando.

Este resultado de pH en este río Coata, se encuentra en el rango de la normatividad, pero sin embargo la acidez de este río puede ocasionar enfermedades como cirrosis hepática, y otras enfermedades, mortandad de animales como vacunos, ovinos, etc., también la desaparición de la vida acuática la flora y fauna, un alto o bajo pH puede destrozar el balance de los químicos del agua y a los contaminantes, causando condiciones tóxicas. Los organismos acuáticos pueden sentir problemas de la calidad del agua.

#### **4.2.2. Conductividad eléctrica (CE)**

Para conductividad eléctrica según los puntos de muestreo en aguas del río Coata, presentaron los resultados de conductividad eléctrica 1138, 1094 y 1355  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con un promedio de 1195.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata PM1; 572, 704 y 585  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con un promedio de 620.33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la comunidad de Lluco – Almozanche PM2 y 534, 684 y 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con un promedio de 672.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la desembocadura del río Coata a lago Titicaca PM3, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019, los cuales se muestran en el (Anexo, Tabla 24).

Los resultados de conductividad eléctrica, todos se encontraron por debajo del límite máximo permisible de conductividad eléctrica 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas superficiales de la población y recreacional (ECA, 2017), lo cual significa que las aguas del río Coata adquieren normalmente iones

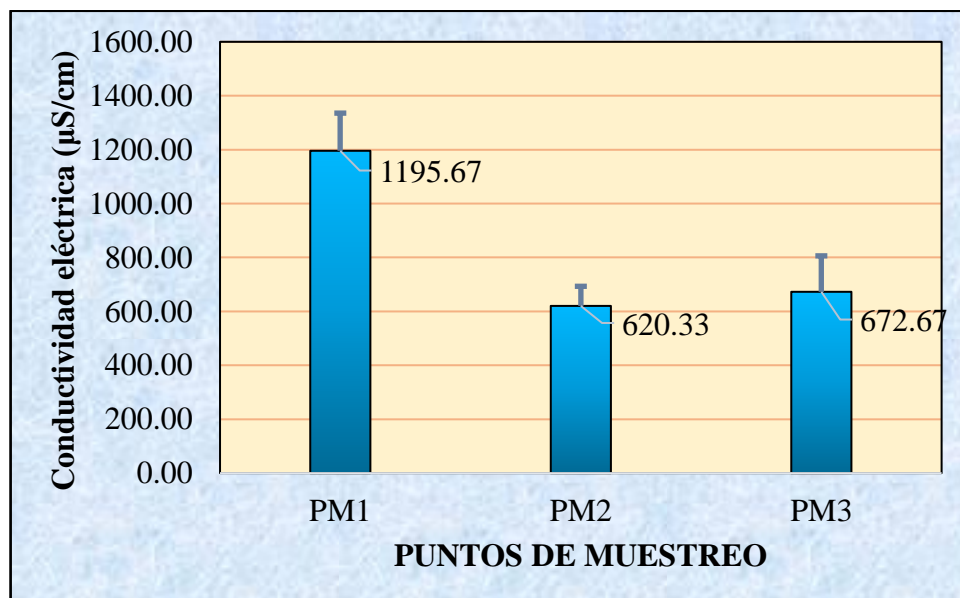
de átomos o conjunto de átomos de carga positiva o carga negativa, asimismo se presentaron diferencia en los variables y su desviación estándar (Tabla 11).

**Tabla 11.** Prueba de comparación múltiple, para la variable conductividad eléctrica, según los puntos de muestreo, 2019.

Puntos de Muestreo	n	Promedio $\pm$ DS ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Tukey ( $\alpha = 0.05$ )
PM 1	3	1195.67 $\pm$ 139.73	a
PM 2	3	620.33 $\pm$ 72.75	b
PM 3	3	672.67 $\pm$ 133.36	b

Fuente: Elaboración propia

Existe diferencia entre los puntos de muestreo para la variable Conductividad Eléctrica  $p=0.0046 < \alpha = 0.05$ , por lo que, al realizar la comparación de promedios para demostrar la diferencia entre los puntos de muestreo, usando la Prueba Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Se observa que no hay diferencia entre los puntos de muestreo (PM2 y PM3), pero es diferente al punto de muestreo (PM1), lo cual demuestra que la mayor conductividad eléctrica, se presentó en el punto de muestreo PM1 (Figura 6).



**Figura 6.** Promedios de conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.





Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación respecto a conductividad eléctrica se encontraron con promedios de 1195.67, 620.33 y 672.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en los puntos de muestreo PM1, PM2 y PM3, estos valores fueron inferiores a los resultados por Quispe (2016), en su investigación obtuvo los promedios de los valores del manantial y del tanque la conductividad eléctrica alcanzo un valor de 904,33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que, de acuerdo con la Norma Chilena 1333  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , Mientras que la conductividad eléctrica del Rio alcanzo un valor de 691,75  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de acuerdo con la Norma Chilena 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Asimismo Villa (2011), en su trabajo de investigación de aguas del río Yacuambi, que la conductividad eléctrica varió de 1,97 a 29,64  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con una media de 13,82  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .; esto debido a la presencia de sales disueltas que puede alterar la presencia de vertidos salinos que limitan su uso, en la normativa ecuatoriana no se establece el límite máximo permisible de este parámetro.

Por otro lado Ramírez (2004), en su evaluación del agua dulce muestra comúnmente valores de conductividad en el intervalo de 10 a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y se debe sospechar de contaminación si los valores pasan de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , esto según la Normativa de México. Por lo general las aguas subterráneas tienen valores de conductividad mayores a las aguas superficiales como resultado de la mayor concentración de sales disueltas, también Calsín (2016), en su investigación obtuvo el promedio de pozos artesanales (1636.25  $\pm$  86.39  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), esto se debe a la contaminación de las aguas subterráneas principalmente con el nivel freático poco profundo; que es riesgo para la calidad del agua y se encuentra por encima de los límites máximo permisibles emitidos por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano, 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (OMS, 2006).

Asimismo, Gutierrez (2018) en su evaluación del río Coata encontró resultados con promedios 1200.33 y 1398.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , estos valores son superiores a nuestro trabajo de investigación, el cual significa que después de la avenida del río las aguas quedan



contaminadas en cantidades menores en los primeros meses, pero sin embargo antes de la avenida del río la contaminación es en cantidades mayores.

La conductividad eléctrica del agua depende de la temperatura del agua: mientras más alta la temperatura, más alta sería la conductividad eléctrica, varía en función de la fuente de agua: agua subterránea, agua de escorrentía de la agricultura, aguas residuales y precipitación, por otro lado, influyen la debilitación al conjunto de especies de plantas, animales y organismos.

#### **4.2.3. Sólidos disueltos totales (SDT)**

Para sólidos disueltos totales según los puntos de muestreo en agua del río Coata, presentaron los resultados 565, 554 y 675 mg/L con un promedio de 598 mg/L en la desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata PM1; 286, 352 y 291 mg/L con un promedio de 309.67 mg/L en la comunidad de Lluco – Almozanche PM2 y 267, 342 y 400 mg/L con un promedio de 336.33 mg/L en la desembocadura del río Coata a lago Titicaca PM3, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019, las cuales se muestran en el (Anexo, Tabla 25).

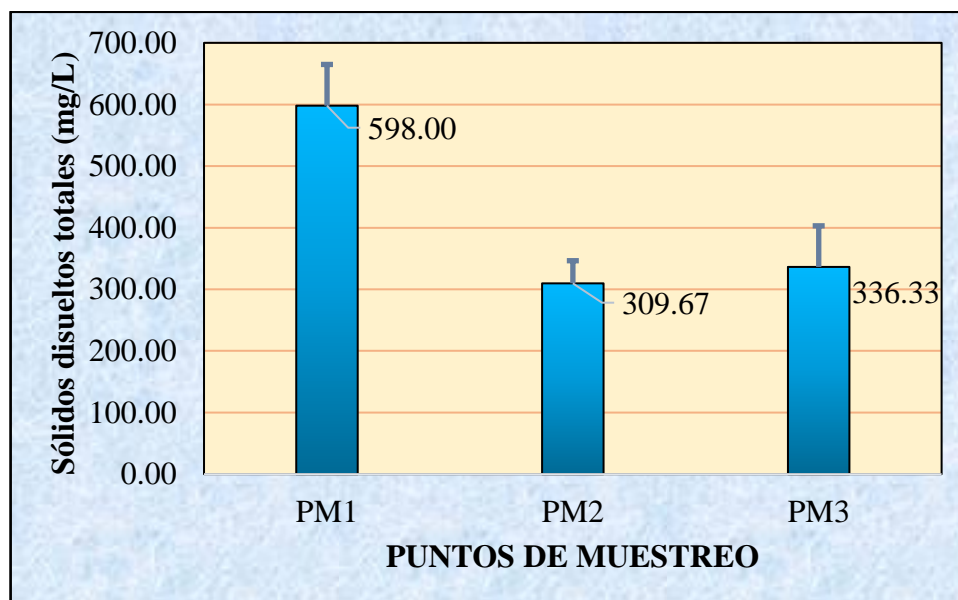
Por lo tanto, los resultados de sólidos disueltos totales, todos se encontraron por debajo del límite máximo permisible de sólidos disueltos totales 1000 mg/L establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas superficiales de la población y recreacional (ECA, 2017), lo cual significa que las aguas del río Coata contienen compuestos inorgánicos en cantidades permisibles, asimismo presentaron diferencia en los variables y su desviación estándar (Tabla 12).

**Tabla 12.** Comparación múltiple, para la variable sólidos disueltos totales, según los puntos de muestreo, 2019.

Puntos de Muestreo	n	Promedio $\pm$ DS (mg/L)	Tukey ( $\alpha = 0.05$ )
PM 1	3	598.00 $\pm$ 66.91	a
PM 2	3	309.67 $\pm$ 36.75	b
PM 3	3	336.33 $\pm$ 66.68	b

Fuente: Elaboración propia

Existe diferencia entre los puntos de muestreo para la variable sólidos disueltos totales  $p=0.0040 < \alpha = 0.05$ , por lo que, al realizar la comparación de promedios para demostrar la diferencia entre los puntos de muestreo, usando la Prueba Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Se observa que no hay diferencia entre los puntos de muestreo (PM2 y PM3), pero es diferente al punto de muestreo (PM1), lo cual demuestra que la mayor concentración de materia disuelta en el agua que es sólido disuelto total, se presentó en el punto de muestreo PM1 (Figura 7).



**Figura 7.** Promedios de sólidos disueltos totales (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación respecto a sólidos disueltos totales se encontraron con promedios de 598, 309.67 y 336.33 mg/L en los puntos de



muestreo PM1, PM2 y PM3, estos valores fueron superiores a los resultados por Villa (2011), quien en su investigación en aguas del río Yacuambi obtuvo los valores en las muestras analizadas de 8 a 71 mg/l, con una media de 37,87 mg/l, el límite máximo permisible de acuerdo con la Normativa de Medio Ambiente que regula los Criterios de Calidad de agua es de 1000 mg/l, asimismo Yana (2017), en su investigación obtuvo un promedio del resultado que se encuentra en el rango de 272.75mg/L a 284.04mg/L, el cual también se encuentra dentro de los parámetros de la Normativa de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental, 1000 mg/L.

Por otro lado los valores encontrados en el trabajo de investigación fueron inferiores a los resultados de Quispe (2016), en su investigación encontró los valores en la superficie del agua es de 721,5 mg/L, tienden a bajar, mientras en la columna de agua a 3 m. suben en 726 mg/L, esto se aprecia al inicio de la temporada de lluvia, que las precipitaciones pluviales incrementan el nivel del agua en la Bahía Interior de Puno, se encuentra dentro de los parámetros del límite máximo permisible de 1000mg/L, “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental” (ECA), para Aguas. Categoría 4, de la misma forma Hallasi (2018), en su estudio realizado obtuvo promedios de: 1147.80 mg/L de sólidos disueltos totales, los cuales indican que las aguas de dicho lugar se encuentran fuera del rango de la Normativa de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental, 1000 mg/L.

La presencia de sólidos disueltos totales en el río Coata es a causa de la abundante carga orgánica y residuos sólidos que ingresa directamente a dicho río, esto hace que el PM1 contenga la mayor cantidad de SDT, esto indica la dificultad de ingreso de rayos solares, no permite el paso de la luz para el desarrollo de la biodiversidad, entonces esto sería la principal causa para la desaparición de los animales acuáticos y también la desaparición de la flora acuática.

#### 4.2.4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

Para demanda bioquímica de oxígeno según los puntos de muestreo en agua del río Coata, presentaron los resultados 4.90, 4.48 y 5.70 mg/L con un promedio de 5.03mg/L en la desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata PM1; 3.84, 3.84 y 4.20 mg/L con un promedio de 3.96mg/L en la comunidad de Lluco – Almozanche PM y 3.84, 4.48 y 4.08 mg/L con un promedio de 4.13mg/L en la desembocadura del río Coata a lago Titicaca PM3, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019, los cuales se muestran en el (Anexo, Tabla 26).

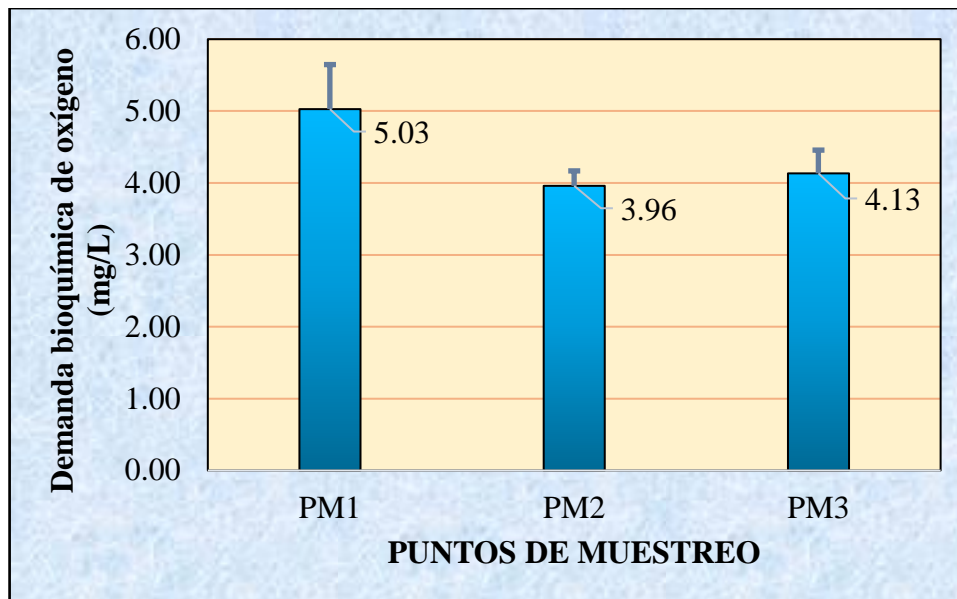
Los resultados de demanda bioquímica de oxígeno, todos se encontraron por encima del límite máximo permisible de demanda bioquímica de oxígeno 3 mg/L establecido por el estándar de calidad ambiental para aguas superficiales de la población y recreacional (ECA, 2017), lo cual significa que las aguas del río Coata requieren oxígeno para descomponer la materia orgánica, asimismo no presentaron diferencia en los variables y su desviación estándar (Tabla 13).

**Tabla 13.** Resultados de comparación múltiple, para la variable demanda bioquímica de oxígeno, según los puntos de muestreo, 2019.

Puntos de Muestreo	n	Promedio ± DS (mg/L)	Tukey ( $\alpha = 0.05$ )
PM 1	3	5.03 ± 0.62	a
PM 2	3	3.96 ± 0.21	a
PM 3	3	4.13 ± 0.32	a

*Fuente:* Elaboración propia

No existe diferencia significativa entre los puntos de muestreo para la variable demanda bioquímica de oxígeno, siendo similares entre los puntos de muestreo durante los meses de mayo a julio respectivamente, por ende, no se encontró diferencias estadísticas significativas, esto indica que ya no es necesario la comparación de la Prueba de Tukey, siendo ( $p=0.0669 > \alpha = 0.05$ ) para lo cual se muestra en la (Figura 8).



**Figura 8.** Promedios de demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación respecto a demanda bioquímica de oxígeno se encontraron con promedios de 5.03, 3.96 y 4.13 mg/L en los puntos de muestreo PM1, PM2 y PM3, estos valores fueron similares a los resultados de Villa (2011), en su estudio del agua en la subcuenca del río Yacuambi. encontró la concentración de demanda bioquímica de oxígeno con valores entre 1,70 mg/L y 11,63 mg/L. Sin embargo, el límite para consumo humano es de 2 mg/L en la Norma española. Asimismo, fue superior el valor encontrado en el trabajo de investigación reportado por Quispe (2016), en su investigación los valores determinados presentan un promedio de 41,025 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno en la Bahía Interior de Puno. Los valores de demanda bioquímica de oxígeno están fuera de los “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental”, 3 mg/L categoría A, subcategoría A-1 (ECA, 2017), el cual es superior a nuestro resultado.

Por otro lado, Gutierrez (2018) en su investigación obtuvo los valores de media aritmética de 2.83 y 28.3 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno, estas concentraciones reportadas indican incremento de nivel de contaminación en el cauce del río Coata por



las descargas procedentes de la laguna Torococha que contienen carga de materia orgánica que genera el incremento de población de bacterias, hongos y microorganismos que requieren mayor oxígeno para degradar y oxidar los residuos orgánicos, ambas investigaciones superan los límites máximos permisibles que es 3mg/L, categoría A, subcategoría A-1 según (ECA, 2017).

Este parámetro es uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación ya que el río Coata sufre la descarga directa de las aguas residuales de la ciudad de Juliaca, por lo tanto, es el controlador de bebida de animales y consumo humano. Sin embargo, la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica mide cuánto oxígeno se consume para su purificación, cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para degradarla.

#### **4.2.5. Demanda química de oxígeno (DQO)**

Para demanda química de oxígeno según los puntos de muestreo en agua del río Coata, presentaron los resultados de 12.25, 11.20 y 14.25 mg/L con un promedio de 12.57mg/L en la desembocadura de la laguna Torococha al río Coata PM1; 9.60, 9.60 y 10.30 mg/L con un promedio de 9.83mg/L en la comunidad de Lluco – Almozanche PM2 y 9.60, 11.20 y 10.20 mg/L con un promedio de 10.33mg/L en la desembocadura del río Coata a lago Titicaca PM3, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019. Las cuales se muestran en el (Anexo, Tabla 27).

Por consiguiente, los resultados de demanda química de oxígeno, el PM2 se encontró dentro del límite y PM1 y PM3 superaron el límite máximo permisible de demanda química de oxígeno 10 mg/L establecido por el estándar de calidad ambiental para aguas superficiales de la población y recreacional (ECA, 2017), lo cual significa que

las aguas del río Coata contienen un alto grado de contaminación con sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos, asimismo no presentaron diferencia en los variables y su desviación estándar (Tabla 14).

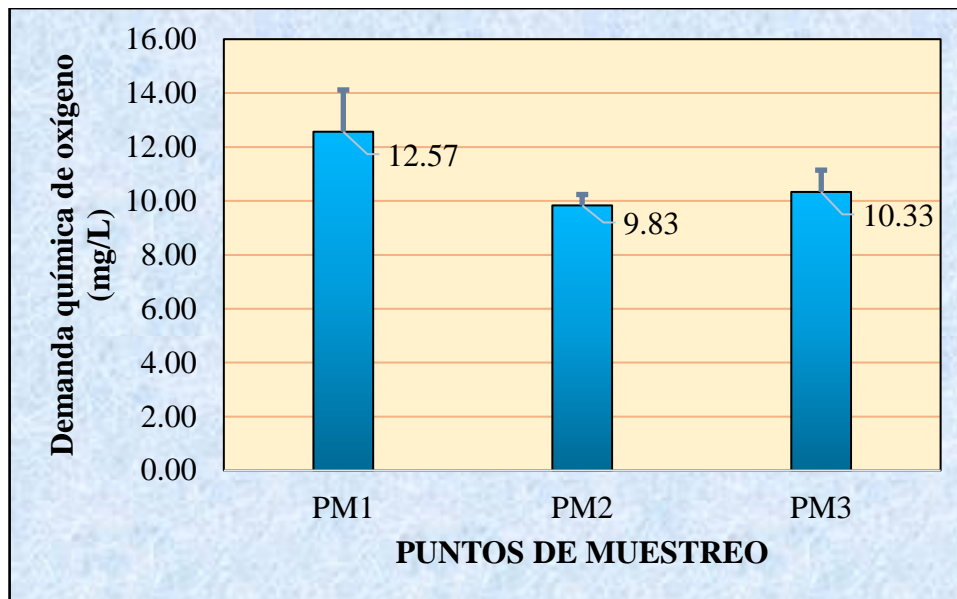
**Tabla 14.** Comparación múltiple, para la variable demanda química de oxígeno, según los puntos de muestreo, 2019.

<b>Puntos de Muestreo</b>	<b>n</b>	<b>Promedio <math>\pm</math> DS (mg/L)</b>	<b>Tukey (<math>\alpha = 0.05</math>)</b>
PM 1	3	12.57 $\pm$ 1.55	a
PM 2	3	9.83 $\pm$ 0.40	a
PM 3	3	10.33 $\pm$ 0,81	a

*Fuente:* Elaboración propia

No existe diferencia significativa entre los puntos de muestreo para la variable demanda química de oxígeno, siendo similares entre los puntos de muestreo durante los meses de mayo a julio respectivamente, por lo tanto, no se encontró diferencias estadísticas significativas, esto indica que ya no es necesario la comparación de la Prueba de Tukey, siendo ( $p=0.0650 > \alpha = 0.05$ ) por lo que se presente la siguiente (Figura 9).





**Figura 9.** Promedios de demanda química de oxígeno (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.

Los resultados respecto a demanda química de oxígeno en la investigación se encontraron con promedios de 12.57, 9.83 y 10.33 mg/L en los puntos de muestreo PM1, PM2 y PM3, estos valores fueron similares a los resultados por Villa (2011), quien en su estudio de investigación encontró los valores para la concentración de demanda química de oxígeno que varía entre 10 mg/l y 64 mg/l, con una media de 38,25 mg/L, en el río Yacuambi – España, se encuentran dentro de los límites permisibles para los diferentes usos de agua según la normativa legal que corresponde a un valor de 250 mg/l. en la Norma española.

Por otro lado, Pacori (2019) en un proyecto de Ley considera el valor de demanda química de oxígeno 60mg/L, para el caso del río Coata, esto también es mucho mas superior a nuestro trabajo de investigación, lo cual significa que las aguas del río Coata si están contaminadas por encontrarse por encima de los límites máximos permisibles 10 mg/L establecidos por (ECA, 2017) en categoría A, subcategoría A-1.

La demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para degradar toda la materia o sustancia orgánica, para las aguas del río Coata es una de las causas la

descarga directa de las aguas residuales de la ciudad de Juliaca, afectando a la flora, fauna y toda la población que se beneficia del dicho río.

#### 4.2.6. Cloruros (Cl<sup>-</sup>)

Para cloruros según los puntos de muestreo en agua del río Coata, presentaron los resultados 273.91, 343.89 y 409.87 mg/L con un promedio de 342.56mg/L en la desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata PM1; 249.92, 269.92 y 409.87 mg/L con un promedio de 309.90mg/L en la comunidad de Lluco – Almozanche PM2 y de 239.93, 287,91 y 289.91 mg/L con un promedio de 272.58mg/L en la desembocadura del río Coata a lago Titicaca PM3, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019, las cuales se muestran en el (Anexo, Tabla 28).

Donde los resultados de cloruros, se encontraron por encima del límite máximo permisible de cloruros 250 mg/L establecido por el estándar de calidad ambiental para aguas superficiales de la población y recreacional (ECA, 2017), lo cual nos indica que las aguas del río Coata tienen el sabor salado producido por la concentración de cloruros, asimismo no presentaron la diferencia en los variables y su desviación estándar (Tabla 15).

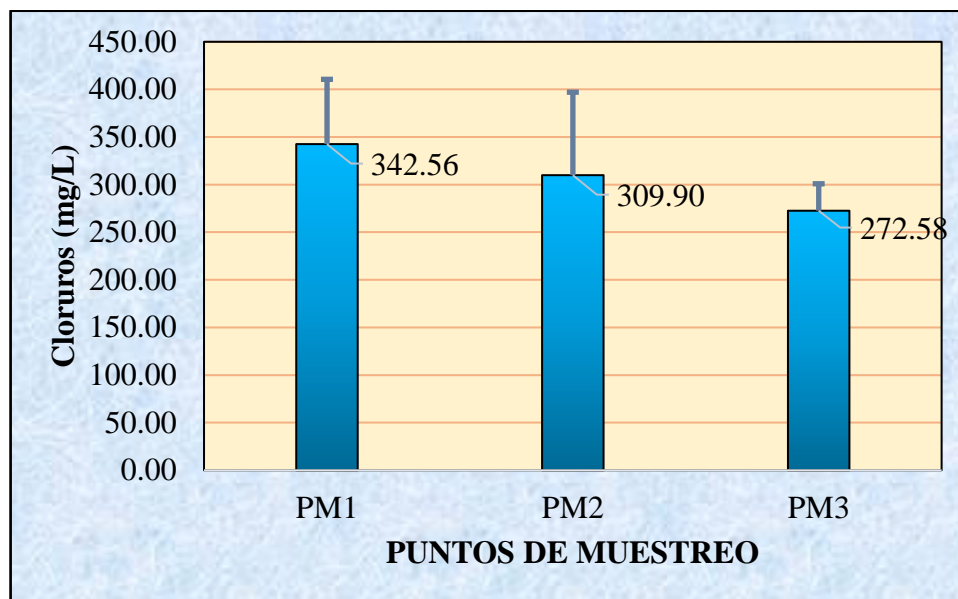
**Tabla 15.** Prueba de comparación múltiple, para la variable cloruros, según los puntos de muestreo, 2019.

Puntos de Muestreo	n	Promedio ± DS (mg/L)	Tukey ( $\alpha = 0.05$ )
PM 1	3	342.56 ± 67.99	a
PM 2	3	309.90 ± 87.15	a
PM 3	3	272.58 ± 28.30	a

*Fuente:* Elaboración propia

No existe diferencia significativa entre los puntos de muestreo para la variable cloruros, siendo similares entre los puntos de muestreo durante los meses de mayo a julio respectivamente, por lo tanto, no se encontró diferencias estadísticas significativas, esto

indica que ya no es necesario la comparación de la Prueba de Tukey, siendo ( $p=0.1953 > \alpha = 0.05$ ) por lo tanto se muestra la (Figura 10).



**Figura 10.** Promedios de cloruros (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación respecto a Cloruros se encontraron con promedios de 342.56, 309.90 y 272.58 mg/L en los puntos de muestreo PM1, PM2 y PM3, estos valores fueron superiores a la investigación obtenido por Casilla (2014), quien presenta en su investigación realizada los promedios 17.02 a 22.69 mg/L, en el río Suchez. Asimismo, Quispe (2017), encontró los valores en aguas manantiales en su estudio promedio que oscila entre 5.94 y 32.89 mg/L, de cloruro del agua de manantiales según la prueba de Kruskal Wallis, evaluados en el distrito de Santa Rosa (provincia Melgar) el cual se encuentra dentro del límite máximo permisible según la Normatividad de estándares nacionales de la calidad ambiental, 250 mg/L.

De la misma forma Yana (2017), en su investigación obtuvo los valores de cloruros un promedio que oscila de 45.54 a 46.88 mg/L en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, el cual también se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de las ECAs, 250 mg/L, asimismo Pacori (2019), en



un proyecto de Ley considera el valor de cloruros 333.89mg/L para el río Coata el cual es similar a nuestro resultado de trabajo de investigación, lo cual indica que en el río Coata existe una elevada cantidad de cloruros, por la contaminación de las aguas residuales.

En las aguas del río Coata se encuentra un contenido elevado de cloruros por lo que, puede dañar y perjudicar el crecimiento vegetal, pueden ser tóxico para muchos cultivos ya que contribuye la salinidad total, el agua del río o subterráneo contiene alta concentración de cloruros es muy importante tomar en cuenta prácticas apropiadas de riego y de manejo de la fertilización, del mismo modo tienen un efecto que hace daño en la salud humanas y animales en porcentajes altas.

#### **4.2.7. Sulfatos (SO<sub>4</sub>)**

Para sulfatos según los puntos de muestreo en aguas del río Coata, presentaron los resultados 99.40, 70.90 y 51.10 mg/L con un promedio de 73.80mg/L en la desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata PM1; 55.20, 55.20 y 74.50 mg/L con un promedio de 61.63mg/L en la comunidad de Lluco – Almozanche PM2 y 53, 65.20 y 76.80 mg/L con un promedio de 65 mg/L en la desembocadura del río Coata a lago Titicaca PM3, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019, las cuales se muestran en el (Anexo, Tabla 29).

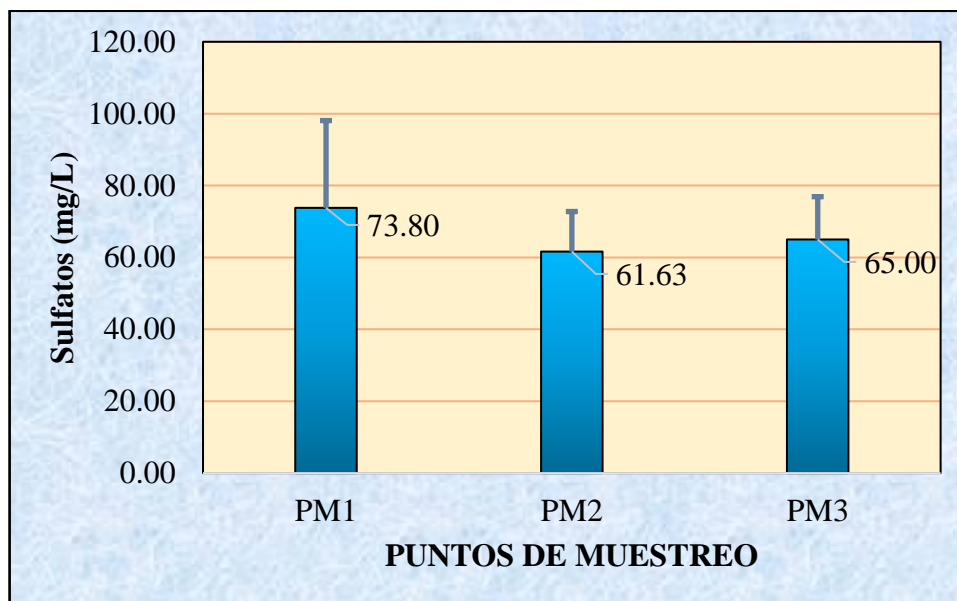
Los resultados de sulfatos, se encontraron por debajo del límite máximo permisible de sulfatos 250 mg/L establecido por el estándar de calidad ambiental para aguas superficiales de la población y recreacional (ECA, 2017), lo cual significa que las aguas del río Coata son de gran importancia por contener en cantidades mínimas, asimismo no presentaron diferencia en los variables y su desviación estándar (Tabla 16).

**Tabla 16.** Prueba múltiple, para la variable sulfatos, según los puntos de muestreo, 2019.

Puntos de Muestreo	n	Promedio $\pm$ DS (mg/L)	Tukey ( $\alpha = 0.05$ )
PM 1	3	73.80 $\pm$ 24.28	a
PM 2	3	61.63 $\pm$ 11.14	a
PM 3	3	65.00 $\pm$ 11.90	a

Fuente: Elaboración propia

No existe diferencia significativa entre los puntos de muestreo para la variable sulfatos, siendo similares entre los puntos de muestreo durante los meses de mayo a julio respectivamente, por ende, no se encontró diferencias estadísticas significativas, esto indica que ya no es necesario la comparación de la Prueba de Tukey, siendo ( $p=0.7664 > \alpha=0.05$ ) por lo que se muestra en la siguiente (Figura 11).



**Figura 11.** Promedios de sulfatos (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación respecto a sulfatos se encuentran con promedios de 73.80, 61.63 y 65 mg/L en los punto de muestreo PM1, PM2 y PM3, estos valores fueron superiores a los resultados de Casilla (2014), en su investigación los valores encontrados se encuentran en un promedio de un rango de 36.00 a 49.00 mg/L en el río Suchez, por otro lado Quispe (2017), los resultados en aguas manantiales, evaluados



en el distrito de Santa Rosa (provincia Melgar) se encontró en un promedio de 1.91 a 14.60 mg/L, el cual se encuentra dentro del parámetro para consumo humano, según la Normatividad de estándares nacionales de la calidad ambiental, 250 mg/L.

Asimismo, también en (D.S. N° 075-2013-PCM, 2014), los valores de sulfatos medidos a dos profundidades (20 y 80% de profundidad de la columna de agua) están en el rango de 206 a 460 mg/L, registrándose el valor más significativo en la muestra colectada a 20% de profundidad de la columna de agua, este resultado del Decreto Supremo es superior con respecto nuestra investigación.

En las aguas del río Coata los sulfatos en grandes concentraciones pueden provocar deshidratación e irritación gastrointestinal, las personas que no están acostumbradas a beber agua con niveles elevados de sulfato pueden sufrir diarrea, los niños son a menudo más sensibles al sulfato que los adultos, si el sulfato en el agua supera los 250 mg/l, un sabor amargo o medicinal puede hacer que sea desagradable beber esa agua, debido a los efectos gastrointestinales por la ingestión del agua, cuando la cantidad de sulfatos excede los niveles normales, las personas pueden sufrir efectos en su salud asimismo afecta a la flora y la fauna.

#### **4.2.8. Dureza total (CaCO<sub>3</sub>)**

Para dureza total según los puntos de muestreo en aguas del río Coata, presentaron los resultados 314.16, 313.44 y 415.25 mg/L con un promedio de 347.62mg/L en la desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata PM1; 342.24, 257.23 y 323.86 mg/L con un promedio de 307.78mg/L en la comunidad de Lluco – Almozanche PM2 y 321.92, 289.96 y 269.18 mg/L con un promedio de 293.69mg/L en la desembocadura del río Coata a lago Titicaca PM3, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019, las cuales se muestran en el (Anexo, Tabla 30).

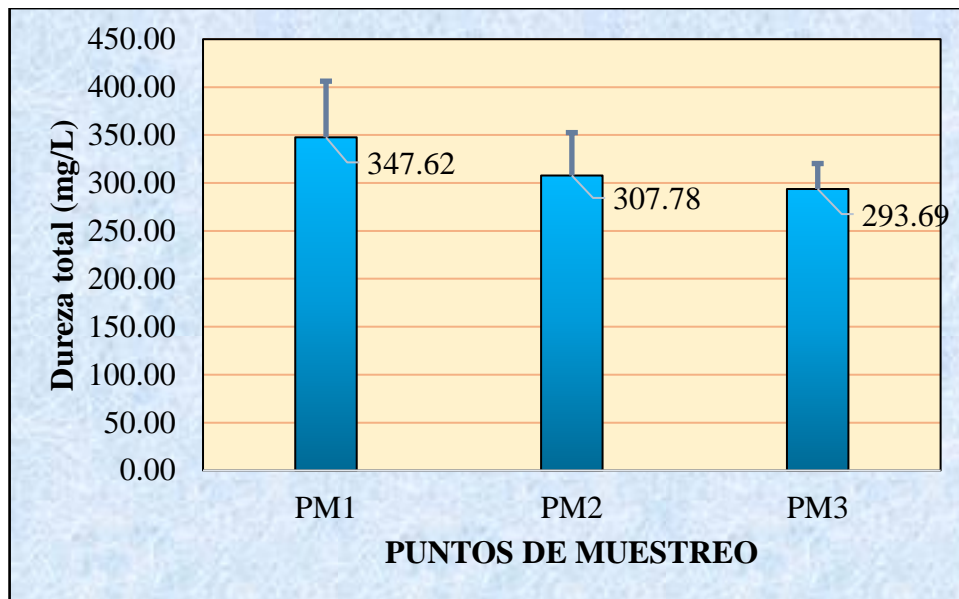
Por consiguiente, los resultados de dureza total, se encontraron por debajo del límite máximo permisible de sulfatos 500 mg/L establecido por el estándar de calidad ambiental para aguas superficiales de la población y recreacional (ECA, 2017), lo cual indica que las aguas del río Coata tienen la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad mínima, en particular sales de magnesio y calcio, asimismo no presentaron diferencia en los variables y su desviación estándar (Tabla 17).

**Tabla 17.** Resultados comparación múltiple, para la variable dureza total, según los puntos de muestreo, 2019.

<b>Puntos de Muestreo</b>	<b>n</b>	<b>Promedio <math>\pm</math> DS (mg/L)</b>	<b>Tukey (<math>\alpha = 0.05</math>)</b>
PM 1	3	347.62 $\pm$ 58.57	a
PM 2	3	307.78 $\pm$ 44.73	a
PM 3	3	293.69 $\pm$ 26.57	a

*Fuente:* Elaboración propia

No existe diferencia significativa entre los puntos de muestreo para la variable dureza total, siendo similares entre los puntos de muestreo durante los meses de mayo a julio respectivamente, por ende, no se encontró diferencias estadísticas significativas, esto indica que ya no es necesario la comparación de la Prueba de Tukey, siendo ( $p=0.4049 > \alpha=0.05$ ) por lo tanto se muestra en la siguiente (Figura 12).



**Figura 12.** Promedios de dureza total (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación respecto a dureza total se encuentran con promedios 347.62, 307.78 y 293.69 mg/L en las zonas de muestreo PM1, PM2 y PM3, estos valores fueron inferiores a los resultados de Quispe (2016), en su investigación los valores determinados presentan un promedio de 388,692 mg/L. Los valores medidos de dureza total están dentro de las normas de (OMS) para aguas dulces, que debe ser controlado dentro de  $\leq 500$  mg/L.

Del mismo modo los resultados inferiores a nuestra investigación fueron los resultados de Quispe (2016), en su trabajo de investigación se encuentra el promedio entre el rango de 29,28 mg/L y 9,71 mg/L, correspondiendo los rangos mayores a las aguas del manantial en época seca y húmeda. Mientras que el valor más bajo corresponde a las aguas del río en época de lluvia, por otro lado Caranqui (2016), en su trabajo de investigación presenta el valor promedio de dureza total en las vertientes de agua es de 7 mg/L, mientras que en el tanque de almacenamiento es de 8 mg/L y en las redes de distribución es de 7 mg/L, según este parámetro, el agua procedente desde las vertientes hasta las redes de distribución son aptas para consumo humano con un tratamiento simple.





Asimismo, Quispe (2017), en su investigación presenta un resultado que se encuentra en un promedio de un rango de 4.34 y 10.06 mg/L, el cual también se encuentra dentro de los parámetros del LMP, 500 mg/L según la Normatividad de estándares nacionales de la calidad ambiental.

Las aguas del río Coata para el caso de dureza aún se encuentran dentro del límite, por lo que el agua dura no tiene ningún riesgo a la salud, pero puede crear problemas a los consumidores, la aceptación de la dureza del agua por el público puede ser muy variable, en algunos casos, los consumidores toleran una dureza de más de 500 mg/L. Asimismo puede causar enfermedades coronarias del corazón.

#### **4.2.9. Plomo (Pb)**

Para plomo según los puntos de muestreo en agua del río Coata, presentaron los resultados 0.008, 0.003 y 0.003 mg/L con un promedio de 0.005mg/L en la desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata PM1; 0.007, 0.008 y 0.005 mg/L con un promedio de 0.007mg/L en la comunidad de Lluco – Almozanche PM2 y 0.008, 0.009 y 0.008 mg/L con un promedio de 0.008mg/L en la desembocadura del río Coata a lago Titicaca PM3, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019, las cuales se muestran en el (Anexo, Tabla 31).

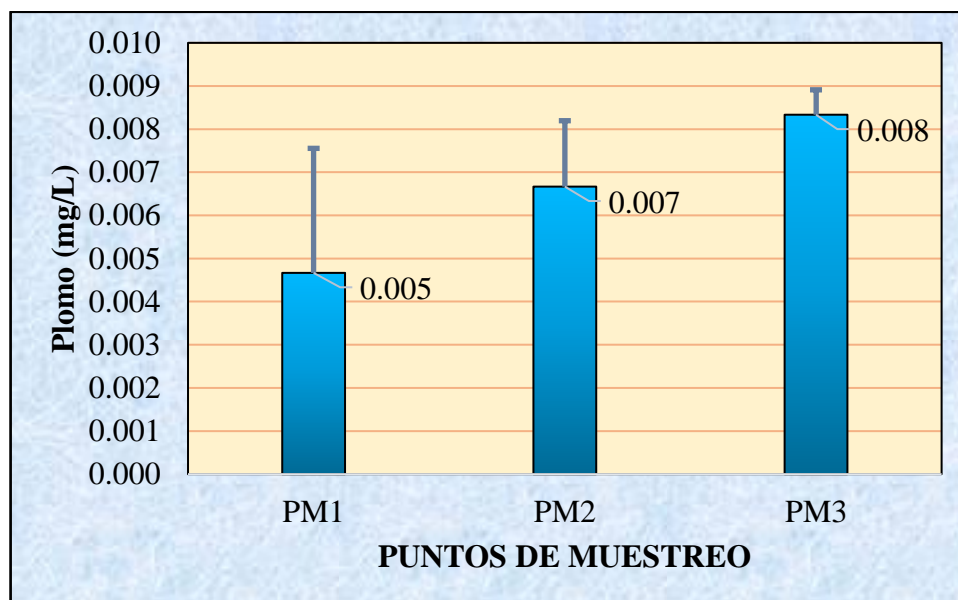
Los resultados de plomo, se encontraron por encima del límite máximo permisible de plomo 0.01 mg/L establecido por el estándar de calidad ambiental para aguas superficiales de la población y recreacional (ECA, 2017), lo cual significa que las aguas del río Coata contiene metal tóxico que puede dañar la salud humana, incluso en niveles de baja exposición, asimismo no presentaron diferencia en los variables y su desviación estándar (Tabla 18).

**Tabla 18.** Comparación múltiple, para la variable plomo, según los puntos de muestreo, 2019.

Puntos de Muestreo	n	Promedio $\pm$ DS (mg/L)	Tukey ( $\alpha = 0.05$ )
PM 1	3	0.005 $\pm$ 0.003	a
PM 2	3	0.007 $\pm$ 0.002	a
PM 3	3	0.008 $\pm$ 0.001	a

*Fuente:* Elaboración propia

No existe diferencia significativa entre los puntos de muestreo para la variable plomo, siendo similares entre los puntos de muestreo durante los meses de mayo a julio respectivamente, por lo tanto esto significa que, no se encontró diferencias estadísticas significativas, esto indica que ya no es necesario la comparación de la Prueba de Tukey, siendo ( $p=0.1642 > \alpha=0.05$ ), lo que expresa que los valores de este parámetro en el trayecto del río Coata son estadísticamente similares por lo cual se muestra en la (Figura 13).



**Figura 13.** Promedios de plomo (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación respecto a plomo se encontraron con promedios de 0.005, 0.007 y 0.008 mg/L en los puntos de muestreo PM1,



PM2 y PM3, estos valores fueron superiores a los resultados por Herrera & Heredia (2017), encontraron en la investigación en el agua de cuenca Mashcón en Chiclayo se obtuvo un resultado de un promedio de 0.004 mg/L, este valor se encuentra por debajo de las ECAs (0.01 mg/L) no representa ningún tipo de problema ambiental. Asimismo, Humpiri (2017), en su estudio de investigación obtuvo el valor del contenido de Plomo en el agua un promedio de 0,045 mg/L, el mismo que se encuentra por debajo del valor máximo establecido 0,01 mg/L según la normativa para ECAs.

Por otro lado Chata (2015), en su investigación obtuvo la concentración de plomo en agua, en donde los valores fluctúan entre el valor máximo 0.02mg/l y mínimo de 0.0037 mg/l. y un promedio de 0.014mg/l. Ninguna de las muestras superan los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, bebida de animales y riego de vegetales de consumo crudo establecidos por el ministerio del medio ambiente, asimismo Gutierrez (2018), en su investigación encontró los valores de plomo con promedio de 0.005 y 0.006 mg/L en el río Coata el cual es casi similar a nuestro trabajo de investigación.

El plomo en altas concentraciones en aguas del río Coata causada por la contaminación de residuos sólidos de la ciudad de Juliaca y otras actividades informales de la misma población, esto viene ocasionando enfermedades que inicialmente no presentan síntomas visibles, afecta al sistema nervioso produciendo irritaciones y agresividad, cansancio, dolor de cabeza, deficiencias en el aprendizaje, problemas gastrointestinales, presión alta y anemia, debilidad muscular, dolor en las articulaciones parálisis y pérdida del funcionamiento de los riñones, asimismo también afecta a los animales que consumen esta agua con mortandades numerables.

#### 4.2.10. Arsénico (As)

Para arsénico según los puntos de muestreo en agua del río Coata, presentaron los resultados 0.024, 0.012 y 0.049 mg/L con un promedio de 0.028mg/L en la desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata PM1; 0.023, 0.007 y 0.059 mg/L con un promedio de 0.030mg/L en la comunidad de Lluco – Almozanche PM2 y 0.029, 0.016 y 0.039 mg/L con un promedio de 0.028mg/L en la desembocadura del río Coata a lago Titicaca PM3, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019, las cuales se muestran en el (Anexo, Tabla 32).

Por consiguiente, los resultados de arsénico, se encontraron por encima del límite máximo permisible de arsénico 0.01 mg/L establecido por el estándar de calidad ambiental para aguas superficiales de la población y recreacional (ECA, 2017), lo cual indica que las aguas del río Coata son muy tóxicos en su forma inorgánica, asimismo no presentaron diferencia en los variables y su desviación estándar (Tabla 19).

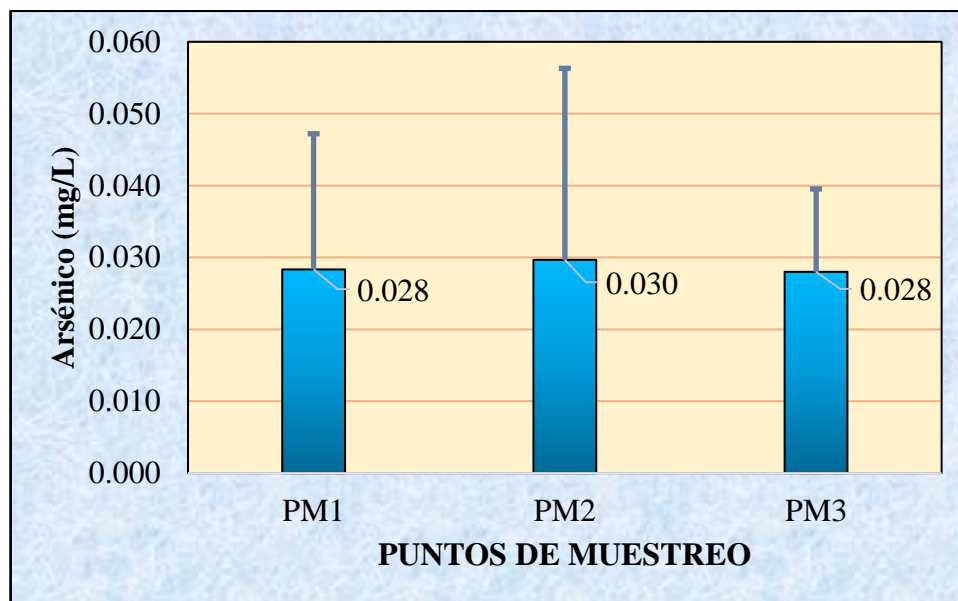
**Tabla 19.** Prueba de comparación múltiple, para la variable arsénico, según los puntos de muestreo, 2019.

Puntos de Muestreo	n	Promedio $\pm$ DS (mg/L)	Tukey ( $\alpha = 0.05$ )
PM 1	3	0.028 $\pm$ 0.019	a
PM 2	3	0.030 $\pm$ 0.027	a
PM 3	3	0.028 $\pm$ 0.012	a

*Fuente:* Elaboración propia

No existe diferencia significativa entre los puntos de muestreo para la variable arsénico, siendo similares entre los puntos de muestreo durante los meses de mayo a julio respectivamente, por lo tanto esto significa que, no se encontró diferencias estadísticas significativas, esto indica que ya no es necesario la comparación de la Prueba de Tukey, siendo ( $p=0.9646 > \alpha=0.05$ ), lo que expresa que los valores de este parámetro en el

trayecto del río Coata son estadísticamente similares por ende se muestra en la siguiente (Figura 14).



**Figura 14.** Promedios de arsénico (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación respecto a Plomo se encontraron con promedios de 0.028, 0.030 y 0.028 mg/L en los puntos de muestreo PM1, PM2 y PM3, estos valores fueron inferiores a los resultados de Chata (2015), en su trabajo de investigación encontró los valores de arsénico en agua del río Coata las concentraciones de arsénico varían entre el valor máximo 0.071 mg/L y mínimo de 0.040 mg/L, con un promedio de 0.048 mg/L. Asimismo Humpiri (2017), en su investigación obtuvo valor de Arsénico con un promedio de 0,228 mg/L, el cual se encuentra por encima de 0.01 mg/L según ECAs.

Por otro lado fueron inferiores a los resultados de nuestra investigación reportado por Vargas (2017), presenta en su investigación el valor de arsénico encontrado un promedio de 0.020 mg/L, en aguas para riego de suelos agrícolas de la comunidad de Ñaupapampa del distrito de Asillo – Azángaro, el cual se encuentra por encima de 0.01 mg/L según la normativa de estándares de calidad ambiental para agua, de igual



manera, va de estándares de calidad ambiental para agua, de igual manera, Gutierrez (2018), en su investigación presentan promedios 0.03 y 0.03 mg/L de arsénico en el río Coata, estos valores son similares a nuestro trabajo de investigación.

La concentración de arsénico en aguas del río Coata se presenta en cantidades elevadas el cual viene causando las siguientes enfermedades dolor de estómago, náuseas, vomito, diarrea, irritación de la garganta y de los pulmones, fatiga, pulso anormal, anemia, produce cáncer en la piel con el paso del tiempo, cáncer en el hígado, cáncer en el pulmón, oscurecimiento de la piel, callos y verrugas y generalmente las enfermedades que llegan lentamente, por otro lado, también son afectados los animales que consumen el agua de este río.

#### **4.2.11. Cadmio (Cd)**

Para cadmio según los puntos de muestreo en aguas del río Coata, presentaron los resultados 0.004, 0.004 y 0.004 mg/L con un promedio de 0.004 mg/L en la desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata PM1; 0.004, 0.004 y 0.004 mg/L con un promedio de 0.004 mg/L en la comunidad de Lluco – Almozanche PM2 y 0.004, 0.004 y 0.004 mg/L con un promedio de 0.004 mg/L en la desembocadura del río Coata a lago Titicaca PM3, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019, las cuales se muestran en el (Anexo, Tabla 33).

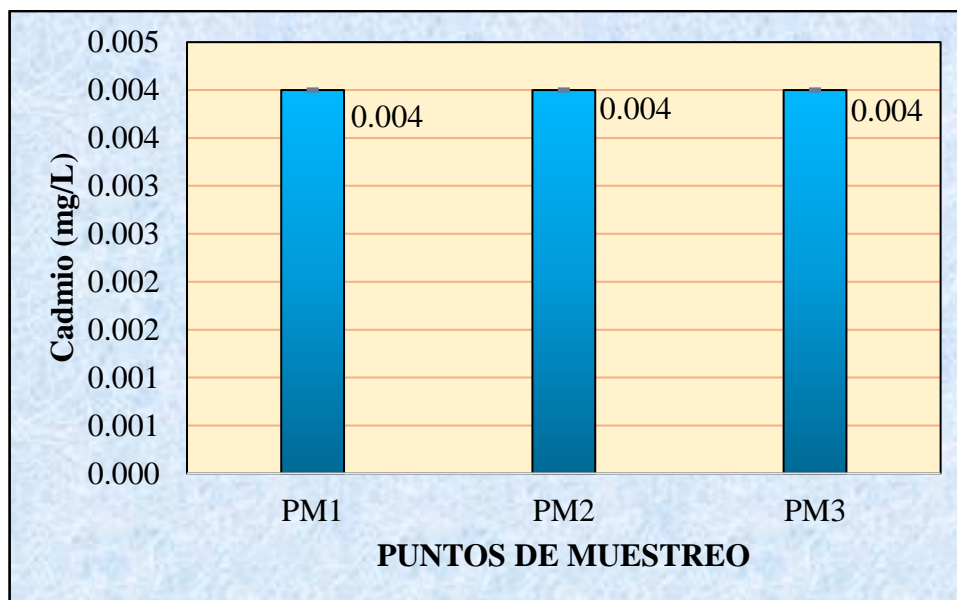
Los resultados de cadmio, se encontraron por encima del límite máximo permisible de arsénico 0.003 mg/L establecido por el estándar de calidad ambiental para aguas superficiales de la población y recreacional (ECA, 2017), lo cual indica que las aguas del río Coata a niveles altos de exposición son muy tóxicos, asimismo no presentaron diferencia en los variables y su desviación estándar (Tabla 20).

**Tabla 20.** Resultados de prueba de comparación múltiple, para la variable Cadmio, según los puntos de muestreo, 2019.

Puntos de Muestreo	n	Promedio $\pm$ DS (mg/L)	Tukey ( $\alpha = 0.05$ )
PM 1	3	0.004 $\pm$ 0.000	a
PM 2	3	0.004 $\pm$ 0.000	a
PM 3	3	0.004 $\pm$ 0.000	a

*Fuente:* Elaboración propia

No existe diferencia significativa entre los puntos de muestreo para la variable cadmio, siendo similares entre los puntos de muestreo durante los meses de mayo a julio respectivamente, sin embargo, no afecta al promedio general que arrojó 0.029mg/L, por lo tanto esto significa que, no se encontró diferencias estadísticas significativas, esto indica que ya no es necesario la comparación de la Prueba de Tukey, siendo ( $p=1.0000 > \alpha=0.05$ ), lo que expresa que los valores de este parámetro en el trayecto del río Coata son estadísticamente similares, por lo cual se presenta la siguiente (Figura 15).



**Figura 15.** Promedios de cadmio (mg/L) en aguas del río Coata, mayo - julio 2019.



Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación respecto a Cadmio se encontró con promedios de 0.004, 0.004 y 0.004 mg/L en os puntos de muestreo PM1, PM2 y PM3, este valor fue similar a los resultados de Humpiri (2017), se observa que, para la cuenca en estudio el valor del contenido de Cadmio del agua promedio es de 0,004 mg/L, el mismo que se encuentra por encima del valor establecido para el ECA (0.003 mg/L), esto indica que esta fuera de lo normal para este parámetro de evaluación. Asimismo, Chata (2015), en la investigación que desarrolló tuvo los resultados del análisis de cadmio, los valores encontrados fueron inferiores a 0.00050 mg/L, el cual indica que este resultado es inferior a nuestro resultado que se obtuvo, sin embargo también fueron superiores a los resultados de Vargas (2017), en su trabajo de investigación obtuvo el valor de concentración de cadmio en agua de riego fue de 0.0050mg/L, el cual es inferior a nuestro resultado de trabajo de investigación.

Por otro lado, Gutierrez (2018), en aguas del río Coata obtuvo los resultados de plomo con promedios de 0.000027 y 0.000037 mg/L, el cual es inferior a nuestro trabajo de investigación, esto indica que si existe la presencia de mercurio en el río Coata.

Este metal pesado se encuentra en altas concentraciones en aguas del río Coata, lo cual viene generando enfermedades como acumulación de Cadmio en el riñón, hígado y huesos, a niveles altos de exposición los pulmones pueden ser afectados y puede irritar severamente al estómago causando vómitos y diarreas similarmente ocurre con los animales que consumen estas aguas altamente contaminadas.

#### **4.2.12. Mercurio (Hg)**

Para mercurio según los puntos de muestreo en agua del río Coata, presentaron los resultados de Mercurio que en el laboratorio ensayos se ha obtenido un valor constante de 0.000mg/L para los tres puntos de muestreo y en los meses de estudio no se presentó





ninguna diferencia de los resultados. Por lo tanto, en este río aún no hay presencia de mercurio.

Entonces los valores de mercurio en esta investigación no se encontraron resultados, asimismo según Chata (2015), muestra los resultados obtenidos del análisis de mercurio en agua se obtuvo valores inferiores a 0.0002 mg/L por presentar concentraciones mínimas cumplen los estándares nacionales de calidad ambiental para agua de bebida de animales y riego de vegetales de consumo crudo.

Finalmente, no se encontraron resultados de mercurio en el agua del río Coata esto indica que el agua estaría apta para consumo humano 0.001mg/L y para bebida de animales 0.01mg/L (ECA, 2017). Pero sin embargo el mercurio puede ocasionar enfermedades en el cerebro, reducción del campo visual, sordera, aumento de presión arterial, erupción en la piel entre otras enfermedades, de la misma forma también son afectados los animales de la zona.



## V. CONCLUSIONES

- Los promedios para coliformes totales según puntos de muestreo fueron: 2400 (PM1), 2400 (PM2) y 150 NMP/100 mL, (PM3); para coliformes fecales 124 (PM1), 73.67 (PM2) y 19.33 NMP/100mL, (PM3), estos valores superan los límites máximos permisibles establecidos por la normativa de estándares de calidad ambiental para agua, categoría 1 y subcategoría A-1 (ECA, 2017), el agua del río Coata es de muy mala calidad.
- Los promedios para los parámetros fisicoquímicos según puntos de muestreo fueron: demanda bioquímica de oxígeno 5.03, 3.96 y 4.13 mg/L, demanda química de oxígeno 12.57, 9.83 y 10.33 mg/L y cloruros 342.56, 30.90 y 272.58 mg/L, estos se encontraron por encima de la normativa de estándares de calidad ambiental para agua, categoría 1 y subcategoría A-1 (ECA, 2017). Para metales pesados según puntos de muestreo fueron: plomo 0.005, 0.007 y 0.008 mg/L, arsénico 0.028, 0.030 y 0.028 mg/L, cadmio 0.004, 0.004 y 0.004 mg/L, se encontraron por encima de los límites máximos permisibles, según la normativa de estándares de calidad ambiental para agua, categoría 1 y subcategoría A-1 (ECA, 2017), no se reportó la presencia de mercurio.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las autoridades competentes de la ciudad de Juliaca – provincia de San Román, mejorar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales, con el fin de evitar la contaminación de este recurso hídrico que la principal fuente de agua, para toda la población que se encuentra en las cercanías de este río Coata.
- Se recomienda realizar estudios de investigación sobre el efecto en la salud de personas y animales del consumo de agua en el río Coata.
- Sensibilizar a la población para una mejor toma de conciencia, respecto del manejo de residuos sólidos que afecta al río Coata.
- Se recomienda a la población en general que consume el agua de este río, solicite charlas informativas a las autoridades de Salud sobre el riesgo del uso de aguas contaminadas, para evitar enfermedades gastrointestinales entre otros.



## VII. REFERENCIAS

- Afanador B., J. G. (2007). *pH en Agua por Electrometria*. Republica de Colombia: IDEAM.
- Aguilar Apaza, E. A. (2017). *Calidad Bacteriológica del Río Torococha y su Influencia en las Aguas de Pozo de los Barrios San Isidro y San Jacinto de la Ciudad de Juliaca*. Puno - Perú: UNAP.
- Álvarez Vieites , E. (2017). *Calidad Microbiológica del Agua del Río Mero*. La Coruña - España: Universidad de Coruña.
- Aznar Jiménez, A., & Alonso Barba, Á. (2000). *Determinación de los Parámetros Físico-Químicos de Calidad de las Aguas*. Madrid - España: Leganes.
- Belaire Cervantes, A. C., & Jacobs Fantassi, B. (2017). *Tratamiento de Aguas Contaminadas con Plomo (II) Mediante un Técnica en Continuo de Bioadsorción en Columna de Corcho*. Barcelona - España: Grup de techniques.
- Blanco Coaquira, M. (2018). *Estudio de la Calidad de Agua Potable para Consumo Humano en el Distrito de Cabanillas, Provincia San Roman, Departamento de Puno*. Puno - Perú: UNAP.
- Brown, R., Mcclelland, N., Deininger, R., & Tozer, R. (1970). *Water Quality Index- Do We Dare, Proceedings ofthe National Symposium on Data and Instrumentation for Water Quality Management, Conference of State Sanitary Engineers and Wisconsin University*. Madison - EE.UU.: WIS.
- Calsín Ramírez, K. V. (2016). *Calidad Física, Química y Bacteriológica de Aguas Subterráneas de Consumo Humano en el Sector de Taparachi III de la Ciudad de Juliaca, Puno - 2016*. Puno - Peru: UNAP.



- Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B., & Velázquez, O. (2009). *Técnicas Para el Análisis Microbiológico de Alimentos*. México: UNAM.
- Campuzano F., S., Mejía Flórez, D., Madero Ibarra, C., & Pabón Sánchez, P. (2015). *Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos preparados vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá D.C.* Cundimarca - Colombia.
- Caranqui Quishpi, A. D. (2016). *Evaluación Físico-química y Microbiológica del Agua Para Consumo Humano de la Comunidad Centro Flores, Parroquia Flores, Provincia de Chimborazo.* Riobamba - Ecuador: ESPOCH.
- Casilla Quispe, S. (2014). *Evaluación de la Calidad de Agua en los Diferentes Puntos de Descarga de la Cuenca del Rio Suhez.* Puno - Perú: UNAP.
- Castaño Moreno, E., & Bernal Osorio, S. M. (2015). *Validación del método de ensayo de Coliformes totales y fecales por la técnica de Número más probable (NMP) en la calidad del queso fresco producido a pequeña escala.* Pereira - Colombia: ULSP.
- Castillo Coaquira, I. E. (2018). *Estudio Físicoquímico, Microbiológico, Contenido de Metales Pesados y Alternativas de Solución en el Agua Potable del Distrito de Ilave – Puno 2018.* Arequipa - Perú: Sanctvs Avgvstinvs Vniversitas Nationalis Areqvipensis.
- Castillo Lemuz, H. R. (2006). *La Contaminación del Agua de los Ríos por los Ingenios Azucareros y su Impacto en el Medio Ambiente, Durante el Tiempo de Zafra o Producción de Azúcar en el Municipio de Escuintla Departamento de Escuintla.* Guatemala.



- Castillo Tiellacuri , Z. I., & Medina Vivanco, V. (2014). *Evaluación Espacio-Temporal de la Calidad del Agua del Río Rímac (Riego), de Enero a Agosto del 2011, en Tres Puntos de Monitoreo*. Lima - Perú: UNAM.
- CCME-WQI. (2001). *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life-Winnipeg Technical Re-port, CCME Water Quality Index*. Canadá: CCME.
- Chata Quenta, A. (2015). *Presencia de Metales Pesados (Hg, As, Pb Y Cd) en Agua y Leche en la Cuenca del Río Coata 2015*. Puno - Perú: UNAP.
- Chibinda, C., Arada Pérez, M., & Pérez Pompa , N. (2017). *Caracterización por métodos físico-químicos y evaluación del impacto cuantitativo de las aguas del Pozo la Calera*. Santiago - Cuba: Universidad de Oriente.
- Comisión Técnica Multisectorial. (2009). *Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú*. Lima - Perú: Autoridad Nacional del Agua.
- Condo Palomino, D. M. (2016). *Determinación de la Calidad Bacteriológica en Quesos Frescos Artesanales que se Expenden en el Mercado Andrés Avelino Cáceres en la Ciudad de Arequipa, Mayo – Agosto 2015*. Arequipa - Perú: UNSA.
- D.S. N° 075-2013-PCM, C. (2014). *Estado de la Calidad Ambiental de la Cuenca del Lago Titicaca*. Puno - Perú.
- ECA, D. N.-2.-M. (2017). *Normas Legales*. Lima - Peru: MINAM.
- Ecofluidos Ingenieros, S. (2012). *Estudio de la Calidad de Fuentes Utilizadas para Consumo Humano y Plan de Mitigación por Contaminación por Uso Doméstico y Agroquímicos en Apurímac y Cusco*. Lima - Perú: FIODMO.



- Flores Cerna, J. C. (2016). *Evaluación Físicoquímica y Bacteriológica de las Aguas Subterráneas de Consumo Humano con y sin Ebullición de Zonas Aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca*. Cajamarca - Perú.
- Frías Quiñones, T. D., & Montilla Cabudiva, L. (2016). *Evaluación de los Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos en el Sector Puerto de Productores Río Itaya, Loreto – Perú 2014 -2015*. San Juan Perú: UCP.
- Galarza Contreras, E. (2016). *Aprende a Prevenir los Efectos del Mercurio*. Lima Perú: Ministerio del Ambiente.
- Gallardo Zuleta, V. A., Rosas Salguero, M. M., Chacón Estrada, H. Y., & Velásquez Monzón, E. N. (2017). *Calidad Microbiológica del Agua de los Pozos de las Aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico (RNUMM)*. Guatemala: RNUMM.
- García Céspedes, D., Lima Cazorla, L. A., Ruiz Gutierrez, L., Santana Romero, J. L., & Calderón Peñalver, P. A. (2016). *Agroecosistemas con probables riesgos a la salud por contaminación con metales pesados*. Santiago de Cuba.
- Gil Gómez, J. A. (2014). *Determinación de la Calidad del Agua Mediante Variables Físico Químicas, y la Comunidad de Macroinvertebrados como Bioindicadores de Calidad del Agua en la Cuenca del Río Garagoa*. Manizales - Colombia: Universidad de Manizales.
- Gutierrez Cabana, V. R. (2018). *Evaluación de la calidad de agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha utilizando el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense CCME–WQI y el ICA–PE, Puno – 2018*. Juliaca - Perú: UPU.



- Hallasi Puntaca, G. L. (2018). *Determinación de los Parámetros Microbiológicos y Físico-Químicos de las Aguas de Consumo Humano en las Islas Flotantes Uros del Lago Titicaca*. Puno - Perú: UNAP.
- Herrera Delgado, A. E., & Heredia Quispe, E. G. (2017). *Determinación de los Niveles de Concentración de Metales Pesados en la Cuenca Mashcón – Cajamarca en los Meses de Setiembre y Diciembre, 2016*. Chiclayo - Perú: Universidad de Lambayeque.
- Humpiri Ramos, I. (2017). *Concentración de los Metales Pesados y Propuestas de Recuperación en la Sub - Cuenca del Río Crucero*. Puno - Perú: UNAP.
- Larenas Moyano., C. E., Lavín Millar, L. I., & Obreque Obreque, F. D. (2018). *El problema de la contaminación de los cuerpos de agua en la comuna de Laja. Determinación de parámetros bioquímicos y físicos en la Laguna Señoraza y su posible aplicación en el aula*. Los Ángeles - California: Universidad de Concepción.
- Laura Chauca, E. (2009). *Control de Calidad de los Alimentos*. Puno - Perú: UNAP.
- Loaiza, E. (2009). *Diagnóstico de Contaminación de Agua en la Quebrada Camaronera, Parque Nacional Manuel Antonio, Area de Conservacion Pacífico Central, Minaet, Costa Rica*. Costa Rica.
- Londoño Carvajal , A., Giraldo Gómez , G. I., & Gutiérrez Gallego , A. A. (2010). *Metodos Analiticos Para la Evaluacion de la calidad Fisicoquimico del Agua*. Colombia.
- Luque Quino, E. (2018). *Evaluación Ambiental de la Calidad del Agua de Tres Pozas Formadas por Trabajos de Extracción de la Minería no Metálica en el Centro*





*Poblado el Triunfo de la Región de Madre de Dios – 2016.* Puerto Maldonado -  
Perú: IFMA.

Mendoza Fuentes, M. A. (2018). *Evaluación Fisicoquímica de la Calidad del Agua Superficial en el Centro Poblado de Sacsamarca, Región Ayacucho, Perú.* Ayacucho - Perú: PUCP.

MINAGRI, R. J.-A. (2016). *Protocolo Nacional Para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.* Lima-Perú: Autoridad Nacional del Agua.

Monge, C. (2004). *La naturaleza del agua como recurso. Perspectiva social, económica e institucional de una gestión integral.* México.

Montes, F. (2004). *Análisis de la varianza ANOVA.* Valencia - España.

Morales Cabrera, D. U., Avendaño Cáceres, E., Zevallos Ramos, D., Fernández Prado, J., Mendoza Rodas, Z. L., & Torres Ventura, A. (2017). *Arsénico Total no Deseado ante Valores Referenciales de pH en Agua Superficial, Cuenca Hidrográfica Sama, Región Tacna-Perú.* Tacna - Perú: ALTOANDIN.

Muñoz García, F. G., Londoño Franco, L. F., & Londoño Muñoz, P. T. (2016). *Los Riesgos de los Metales Pesados en la Salud Humana y Animal.* Medellín - Colombia: Iflondono.

Navarro R. , M. O. (2007). *Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 Días, Incubación.* Colombia: IDEAM.

NMX-AA-072-SCFI. (2001). *Análisis de Agua - Determinación de Dureza Total en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas - Método de Prueba.* México: NOVAMANN.



- NMX-AA-073-SCFI. (2001). *Análisis de Agua - Determinación de Cloruros Totales en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas - Método de Prueba*. México: EEUU.
- OMS. (2006). *Guías Para la Calidad del Agua Potable*. Suiza: Biblioteca de la OMS.
- OMS. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano (CUARTA ed.)*. Ginebra - Suiza: El diseño de la cubierta es creación de WHO Graphics, Suiza.
- OMS, Fuertes, C., & Orozco, J. G. (2009). *Hacia Una Vivienda Saludable (Primera ed.)*. Los Pinos 259, Urb. Camacho, Lima 12 - Perú: SINCO editores SAC.
- Orellana, J. A. (2005). *Características del Agua Potable*. Paraná - Uruguay: UTN - FRRO.
- Pacori Mamani, O. A. (2019). *Ley de Atención Prioritaria para la Remediación Integral de la Cuenca de Coata - Puno*. Lima - Perú.
- Palomino Simbron, C. S. (2017). *Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano y de riego del distrito de Luricocha de la provincia de Huanta – Ayacucho 2016 – 2017*. Ayacucho – Perú: UNSCH.
- Pari Condori, J. (2017). *Determinación de la Calidad de Agua del Rio Ilave, Zona Urbana del Distrito de Ilave, Puno - 2016*. Puno - Perú: USC.
- Pezo D., R., Paredes A., H., & Bedayán A., N. Y. (1992). *Determinacion de Metales Pesados Bioacumulables en Especies Icticas de Consumo Humano en la Amazonia Peruana*. Iquitos - Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.



- Pinto Molina, E. M. (2018). *Evaluación de los Metales Pesados en los Ríos Vizcachas y Chilota Distrito de Chojota, Provincia General Sanchez Cerro, Región de Moquegua*. Arequipa - Perú: UNSA.
- Prieto Méndez, J., González Ramírez, C. A., Román Gutiérrez, A. D., & Prieto García, F. (2009). *Contaminación y Fitotoxicidad en Plantas por Metales Pesados Provenientes de Suelos y Agua*. México.
- Quintuña Tene, J. M., & Samaniego Gomezcoello, M. C. (2016). *Evaluación Físicoquímica y Microbiológica del Agua Potable de la Planta Potabilizadora del Cantón Chordeleg*. Cuenca - Ecuador.
- Quispe Ccama, D. A. (2017). *Calidad Bacteriológica y Físico-Química del Agua de Seis Manantiales del Distrito de Santa Rosa-Melgar*. Puno - Perú.
- Quispe Lujano, M. S. (2016). *Estudio del comportamiento del oxígeno disuelto y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la Bahía Interior de Puno*. Lima – Perú: WIENER.
- Quispe Mamani, J. G. (2016). *Evaluación de la Calidad Físicoquímica y Bacteriológica del Agua de Riego de la Estación Experimental Cota Cota*. La Paz - Bolivia: UMSA.
- Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. (2014). *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*. Lima - Perú: Industrial Data.
- Ramírez Lara, E. (2004). *Evaluación de la Contaminación Fecal en Ríos Urbanos Mediante la Determinación de Urobilinas*. San Nicolás de los Garza Nuevo León - México.



- Rangel Montoya, E. A., Montañez Hernández, L. E., Luévanos Escareño, M. P., & Balagurusamy, N. (2015). *Impacto del Arsénico en el Ambiente y su Transformación por Microorganismos*. Coahuila - México: Terra Latinoamericana.
- Reyes, Y. C., Vergara, I., Torres, O. E., Díaz, M., & González, E. E. (2016). *Contaminación por Metales Pesados: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria*. Boyacá - Colombia: Sogamoso.
- Rodríguez García, R., Martínez Muñoz, C., Hernández Vizcaino, D., Veguillas, J. d., & Acevedo de Pedro, M. L. (2003). *Calidad del Agua de Fuentes de Manantial en la Zona Básica de Salud de Sigüenza*. Guadalajara - Madrid: Rev Esp Salud Pública.
- Rodríguez Heredia, D. (2017). *Intoxicación Ocupacional por Metales Pesados*. Santiago - Cuba: MEDISAN.
- Sanabria Suarez, D. (2006). *Conductividad Eléctrica en Agua*. Colombia: IDEAM.
- Severiche Sierra, C. A., Castillo Bertel, M. E., & Acevedo Barrios, R. L. (2013). *Manual de Métodos Analíticos Para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos básicos en agua*. Cartagena - Colombia.
- Torres Molinares, C. (2006). *Procedimiento para la Medición de la Conductividad Eléctrica*. Panamá: UTP.
- Vargas Estofanero, D. R. (2017). *Metales Pesados en Suelos Cultivados con Riego y sin Riego en la Comunidad de Ñaupapampa del Distrito de Asillo - Puno*. Puno - Perú: UNAP.



- Villa Achupallas, M. A. (2011). *Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. Propuestas de tratamiento y control de la contaminación*. Cádiz - España.
- Vives De Andrés, J. B. (2003). *Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos*. Santa Marta - Colombia: Precolombi.
- Yana Tipo, W. (2017). *Calidad Fisicoquímica y Microbiológica del Agua, en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la Ciudad de Azángaro, Puno – 2017*. Puno - Perú: UNA-PUNO.
- Zorrilla Domenichi, M. F. (2011). *Estado del Arte Sobre la Presencia de Metales Pesados en Tejidos y Agallas de Peces*. Santiago de Cali - Colombia: UAO.



# ANEXOS

**Tabla 21.** Valores de coliformes totales en puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.

MESES 2019	Coliformes totales (NMP/100mL)		
	PM1	PM2	PM3
MAYO	2400.00	2400.00	120.00
JUNIO	2400.00	2400.00	210.00
JULIO	2400.00	2400.00	120.00
PROMEDIO	2400.00	2400.00	150.00
DS	0.00	0.00	51.96
CV(%)	0.00	0.00	34.64

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22.** Valores de coliformes fecales según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.

MESES 2019	Coliformes fecales (NMP/100mL)		
	PM1	PM2	PM3
MAYO	29.00	160.00	20.00
JUNIO	53.00	34.00	23.00
JULIO	290.00	27.00	15.00
PROMEDIO	124.00	73.67	19.33
DS	144.26	74.85	4.04
CV(%)	116.34	101.60	20.90

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23.** Valores de pH según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.

MESES 2019	pH (Und)		
	PM1	PM2	PM3
MAYO	7.30	7.46	7.47
JUNIO	7.56	7.60	7.80
JULIO	7.65	7.66	7.64
PROMEDIO	7.50	7.57	7.64
DS	0.18	0.10	0.17
CV(%)	2.42	1.36	2.16

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 24.** Valores de conductividad eléctrica según puntos de muestreo de agua del Río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.

MESES 2019	Conductividad eléctrica(μS/cm)		
	PM1	PM2	PM3
MAYO	1138.00	572.00	534.00
JUNIO	1094.00	704.00	684.00
JULIO	1355.00	585.00	800.00
PROMEDIO	1195.67	620.33	672.67
DS	139.73	72.75	133.36
CV(%)	11.69	11.73	19.83

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 25.** Valores de sólidos disueltos totales según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.

MESES 2019	Sólidos disueltos totales(mg/L)		
	PM1	PM2	PM3
MAYO	565.00	286.00	267.00
JUNIO	554.00	352.00	342.00
JULIO	675.00	291.00	400.00
PROMEDIO	598.00	309.67	336.33
DS	66.91	36.75	66.68
CV(%)	11.19	11.87	19.83

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 26.** Valores de demanda bioquímica de oxígeno según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.

MESES 2019	Demanda bioquímica de oxígeno(mg/L)		
	PM1	PM2	PM3
MAYO	4.90	3.84	3.84
JUNIO	4.48	3.84	4.48
JULIO	5.70	4.20	4.08
PROMEDIO	5.03	3.96	4.13
DS	0.62	0.21	0.32
CV(%)	12.33	5.25	7.82

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 27.** Valores de demanda química de oxígeno según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.

MESES 2019	Demanda química de oxígeno (mg/L)		
	PM1	PM2	PM3
MAYO	12.25	9.60	9.60
JUNIO	11.20	9.60	11.20
JULIO	14.25	10.30	10.20
PROMEDIO	12.57	9.83	10.33
DS	1.55	0.40	0.81
CV(%)	12.33	4.11	7.82

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28.** Valores de cloruros según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.

MESES 2019	Cloruros (mg/L)		
	PM1	PM2	PM3
MAYO	273.91	249.92	239.93
JUNIO	343.89	269.92	287.91
JULIO	409.87	409.87	289.91
PROMEDIO	342.56	309.90	272.58
DS	67.99	87.15	28.30
CV(%)	19.85	28.12	10.38

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 29.** Valores de sulfatos según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.

MESES 2019	Sulfatos (mg/L)		
	PM1	PM2	PM3
MAYO	99.40	55.20	53.00
JUNIO	70.90	55.20	65.20
JULIO	51.10	74.50	76.80
PROMEDIO	73.80	61.63	65.00
DS	24.28	11.14	11.90
CV(%)	32.90	18.08	18.31

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30.** Valores de dureza total según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.

MESES 2019	Dureza total (mg/L)		
	PM1	PM2	PM3
MAYO	314.16	342.24	321.92
JUNIO	313.44	257.23	289.96
JULIO	415.25	323.86	269.18
PROMEDIO	347.62	307.78	293.69
DS	58.57	44.73	26.57
CV(%)	16.85	14.53	9.05

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31.** Valores de plomo según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.

MESES 2019	Plomo (mg/L)		
	PM1	PM2	PM3
MAYO	0.008	0.007	0.008
JUNIO	0.003	0.008	0.009
JULIO	0.003	0.005	0.008
PROMEDIO	0.005	0.007	0.008
DS	0.003	0.002	0.001
CV(%)	61.859	22.913	6.928

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 32.** Valores de arsénico según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.

MESES 2019	Arsénico (mg/L)		
	PM1	PM2	PM3
MAYO	0.024	0.023	0.029
JUNIO	0.012	0.007	0.016
JULIO	0.049	0.059	0.039
PROMEDIO	0.028	0.030	0.028
DS	0.019	0.027	0.012
CV(%)	66.624	89.775	41.188

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 33.** Valores de cadmio según puntos de muestreo de agua del río Coata, durante los meses de mayo a julio del año 2019.

MESES 2019	Cadmio (mg/L)		
	PM1	PM2	PM3
MAYO	0.004	0.004	0.004
JUNIO	0.004	0.004	0.004
JULIO	0.004	0.004	0.004
PROMEDIO	0.004	0.004	0.004
DS	0.000	0.000	0.000
CV(%)	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34.** Tabla del Número más probable por 100 ml, usando tres tubos sembrados cada uno 10, 1.0 y 0.1 ml de muestra

Tubos positivos			NMP	Tubos positivos			NMP
10ml	1.0ml	0.1ml		10ml	1.0ml	0.1ml	
0	0	1	3	2	0	0	9
0	0	2	6	2	0	1	14
0	0	3	9	2	0	2	20
0	1	0	3	2	0	3	26
0	1	1	6	2	1	0	15
0	1	2	9	2	1	1	20
0	1	3	12	2	1	2	27
0	2	0	6	2	1	3	34
0	2	1	9	2	2	0	21
0	2	2	12	2	2	1	28
0	2	3	16	2	2	2	35
0	3	0	9	2	2	3	42
0	3	1	13	2	3	0	29
0	3	2	16	2	3	1	36
0	3	3	19	2	3	2	44
1	0	0	4	2	3	3	53
1	0	1	7	3	0	0	23
1	0	2	11	3	0	1	29
1	0	3	15	3	0	2	64
1	1	0	7	3	0	3	95
1	1	1	11	3	1	0	43
1	1	2	15	3	1	1	75
1	1	3	19	3	1	2	120
1	2	0	11	3	1	3	160
1	2	1	15	3	2	0	93



1	2	2	20	3	2	1	150
1	2	3	24	3	2	2	210
1	3	0	16	3	2	3	290
1	3	1	20	3	3	0	240
1	3	2	24	3	3	1	460
1	3	3	29	3	3	2	1100
				3	3	3	2400

Fuente: (Laura, 2009)

**Tabla 35.** Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero	15	100 (a)	**
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de		Ausencia de material	Ausencia de material	Ausencia de material
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	$\geq 6$	$\geq 5$	$\geq 4$
Potencial de Hidrógeno	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	1000	1500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	$\Delta 3$	$\Delta 3$	**



Turbiedad	UNT	5	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
<b>ORGÁNICOS</b>				
Hidrocarburos	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	( e )	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
<b>BTEX</b>				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
<b>Organofosforados</b>				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
<b>Organoclorados</b>				
Aldrín + Dieldrín	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**

Dicloro Difenil Tricloroetano	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
<b>II. CIANOTOXINAS</b>				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
<b>III. BIFENILOS POLICLORADOS</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus	N°  Organismo/L	0	<5x10 <sup>6</sup>	<5x10 <sup>6</sup>

Fuente: (ECA, 2017)

**Tabla 36.** Riego de vegetales y bebida de animales.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero	100 (a)		100 (a)
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	2 500		5 000
Demanda	mg/L	15		15
Demanda	mg/L	40		40
Detergentes	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> --N) +	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> —	mg/L	10		10



Oxígeno Disuelto	mg/L	$\geq 4$	$\geq 5$	
Potencial de	Unidad de	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4	
Sulfatos	mg/L	1 000	1 000	
Temperatura	°C	$\Delta 3$	$\Delta 3$	
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5	5	
Arsénico	mg/L	0,1	0,2	
Bario	mg/L	0,7	**	
Berilio	mg/L	0,1	0,1	
Boro	mg/L	1	5	
Cadmio	mg/L	0,01	0,05	
Cobre	mg/L	0,2	0,5	
Cobalto	mg/L	0,05	1	
Cromo Total	mg/L	0,1	1	
Hierro	mg/L	5	**	
Litio	mg/L	2,5	2,5	
Magnesio	mg/L	**	250	
Manganeso	mg/L	0,2	0,2	
Mercurio	mg/L	0,001	0,01	
Níquel	mg/L	0,2	1	
Plomo	mg/L	0,05	0,05	
Selenio	mg/L	0,02	0,05	
Zinc	mg/L	2	24	
<b>ORGÁNICO</b>				
<b>Bifenilos Policlorados</b>				
Bifenilos	$\mu\text{g/L}$	0,04	0,045	
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	$\mu\text{g/L}$	35	35	
<b>Organoclorados</b>				
Aldrín	$\mu\text{g/L}$	0,004	0,7	
Clordano	$\mu\text{g/L}$	0,006	7	
Dicloro Difenil	$\mu\text{g/L}$	0,001	30	
Dieldrín	$\mu\text{g/L}$	0,5	0,5	
Endosulfán	$\mu\text{g/L}$	0,01	0,01	
Endrin	$\mu\text{g/L}$	0,004	0,2	
Heptacloro y	$\mu\text{g/L}$	0,01	0,03	
Lindano	$\mu\text{g/L}$	4	4	
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	$\mu\text{g/L}$	1	11	
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>				
Coliformes	NMP/100ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100ml	1 000	**	**
Huevos de	Huevo/L	1	1	**
Helminetos				

Fuente: (ECA, 2017)



Resumen general de los cuadros estadísticos procesados con DCA – Tuckey de los puntos de muestreo, durante los meses de mayo, junio y julio del 2019, se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 37.** El procedimiento Medios - DCA, resumen general de los tres puntos de muestreo durante los meses de mayo, junio y julio, 2019.

Variable	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Error estándar	Coeficiente de	
							Diferencia	Variación
COLIFORMES TOTALES	9	120.000	2400.000	1650.000	1125.300	375.100	1266300.000	68.200
COLIFORMES FECALES	9	15.000	290.000	72.333	93.073	31.024	8662.500	128.676
pH	9	7.3000	7.800	7.571	0.145	0.048	0.021	1.916
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	9	534.000	1355.000	829.556	294.211	98.070	86560.030	35.466
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	9	267.000	675.000	414.667	146.997	48.999	21608.000	35.449
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	9	3.840	5.700	4.373	0.615	0.205	0.379	14.071
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	9	9.600	14.250	10.911	1.547	0.516	2.393	14.177
CLORUROS	9	239.930	409.870	308.348	64.606	21.535	4173.980	20.952
SULFATOS	9	51.100	99.400	66.811	15.602	5.201	243.434	23.353
DUREZA TOTAL	9	257.230	415.250	316.360	46.055	15.352	2121.100	14.558
PLOMO	9	0.003	0.009	0.007	0.002	0.001	5.278E-6	35.044
ARSENICO	9	0.007	0.059	0.029	0.017	0.006	0.0003	60.446
CADMIO	9	0.004	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
MERCURIO	9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38.** El procedimiento Medios – DCA, para el punto de muestreo PM1, en los meses de mayo, junio y julio, 2019.

Variable	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Error estándar	Coeficiente de	
							Diferencia	Variación
COLIFORMES TOTALES	3	2400.000	2400.000	2400.000	0.000	0.000	0.000	0.000
COLIFORMES FECALES	3	29.000	290.000	124.000	144.260	83.289	20811.000	116.339
pH	3	7.300	7.650	7.503	0.182	0.105	0.033	2.422
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	3	1094.000	1355.000	1195.670	139.730	80.673	19524.330	11.686
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	3	554.000	675.000	598.000	66.910	38.631	4477.000	11.189
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	3	4.480	5.700	5.027	0.620	0.358	0.384	12.330
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	3	11.200	14.250	12.567	1.549	0.895	2.401	12.330
CLORUROS	3	273.910	409.870	342.557	67.990	39.254	4622.610	19.848
SULFATOS	3	51.100	99.400	73.800	24.280	14.018	589.530	32.900
DUREZA TOTAL	3	313.440	415.250	347.617	58.573	33.817	3430.830	16.850
PLOMO	3	0.003	0.008	0.005	0.003	0.002	8.333E-6	61.859
ARSENICO	3	0.012	0.049	0.028	0.019	0.011	0.0004	66.624
CADMIO	3	0.004	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
MERCURIO	3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 39.** El procedimiento Medios – DCA, para el punto de muestreo PM2, en los meses de mayo, junio y julio, 2019.

Variable	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Error estándar	Coeficiente de	
							Diferencia	Variación
COLIFORMES TOTALES	3	2400.000	2400.000	2400.000	0.000	0.000	0.000	0.000
COLIFORMES FECALES	3	27.000	160.000	73.667	74.849	43.214	5602.330	101.605
pH	3	7.460	7.660	7.573	0.103	0.059	0.011	1.356
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	3	572.000	704.000	620.333	72.749	42.001	5292.330	11.727
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	3	286.000	352.000	309.667	36.747	21.216	1350.330	11.867
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	3	3.840	4.200	3.960	0.208	0.120	0.043	5.249
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	3	9.600	10.300	9.833	0.404	0.233	0.163	4.110
CLORUROS	3	249.920	409.870	309.903	87.149	50.316	7595.000	28.121
SULFATOS	3	55.200	74.500	61.633	11.142	6.433	124.163	18.079
DUREZA TOTAL	3	257.230	342.240	307.777	44.729	25.824	2000.680	14.533
PLOMO	3	0.005	0.008	0.007	0.002	0.001	2.333E-6	22.913
ARSENICO	3	0.007	0.059	0.030	0.027	0.015	0.0007	89.775
CADMIO	3	0.004	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
MERCURIO	3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 40.** El procedimiento Medios – DCA, para el punto de muestreo PM3, en los meses de mayo, junio y julio, 2019.

Variable	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Error estándar	Coeficiente de	
							Diferencia	Variación
COLIFORMES TOTALES	3	120.000	210.000	150.000	51.962	30.000	2700.000	34.641
COLIFORMES FECALES	3	15.000	23.000	19.333	4.041	2.333	16.333	20.904
pH	3	7.470	7.800	7.637	0.165	0.095	0.027	2.161
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	3	534.000	800.000	672.667	133.362	76.996	17785.330	19.826
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	3	267.000	400.000	336.333	66.681	38.498	4446.330	19.826
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	3	3.840	4.480	4.133	0.323	0.187	0.105	7.822
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	3	9.600	11.200	10.333	0.808	0.467	0.653	7.822
CLORUROS	3	239.930	289.910	272.583	28.296	16.337	800.680	10.381
SULFATOS	3	53.000	76.800	65.000	11.901	6.871	141.640	18.310
DUREZA TOTAL	3	269.180	321.920	293.687	26.567	15.338	705.793	9.046
PLOMO	3	0.008	0.009	0.008	0.0006	0.0003	3.333E-7	6.928
ARSENICO	3	0.016	0.039	0.028	0.012	0.007	0.0001	41.188
CADMIO	3	0.004	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
MERCURIO	3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia



**Figura 16.** Toma de muestra en la desembocadura de la laguna Toroccocha al río Coata (PM1), mayo a julio del 2019.



**Figura 17.** Toma de muestra en Comunidad de Lluco – Almozanche (PM2), mayo a julio del 2019.



**Figura 18.** Toma de muestra en la desembocadura del río Coata a Lago Titicaca (PM3), mayo a julio.



**Figura 19.** Muestras tomadas para procesar en el Laboratorio de Microbiología, Facultad Ciencias Biológicas – UNAP, mayo a julio 2019.



**Figura 20.** Preparación de medios de cultivo en el Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP, mayo a julio 2019.



**Figura 21.** Esterilización de muestras en autoclave realizado en el Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP, mayo a julio 2019.



**Figura 22.** Inoculación de muestra de agua al caldo lactosado, para determinar coliformes totales y fecales en el Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP, mayo a julio 2019.



**Figura 23.** Incubación de muestras a 37°C por 24 a 48 horas en el Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP, mayo a julio 2019.



**Figura 24.** Siembra para confirmar coliformes fecales en medio Eosina Azul de Metileno (EMB) en el Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP, mayo a julio 2019.



**Figura 25.** Lectura de coliformes fecales en medio Eosina Azul de Metileno (EMB) en el Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP, mayo a julio 2019.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS



### CONSTANCIA

**LA JEFE DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**

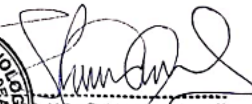
**HACE CONSTAR QUE:**

Que la srta. Br. CLAUDIA INQUILLA CCALLA, con código de matrícula 120368, egresada de la facultad de ciencias Biológicas, a realizado el análisis microbiológicos de 09 muestras de agua en el río Coata, en tres puntos de muestreo durante los meses de Mayo, Junio y Julio del 2019. Como parte de su investigación de su proyecto de tesis intitulado. CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA DEL RÍO COATA, PUNO – 2018.

Los análisis microbiológicos fueron realizados bajo la supervisión de esta jefatura.

Se expide la presente constancia para los fines convenientes.

Puno, 30 de agosto del 2019.

  
D. M.Sc. EVA LAURA CHAUCA  
Docente Principal D.E. FCCBB-UNA  
COLBIOP N° 905



Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



Nº 791

LQ - 2019

# Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: RIO 1  
**PROCEDENCIA** : PROVINCIA DE PUNO DISTRITO DE COATA (RIO DE COATA)  
**TESIS** : "CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA DEL RIO DE COATA"  
**INTERESADO** : CLAUDIA INQUILLA CALLA  
**MOTIVO** : ANÁLISIS DE AGUA  
**MUESTREO** : 29/05/2019, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 29/05/2019  
**COD. MUESTRA** : B009-000121

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Verde  
**OLOR** : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

**pH** : 7.3  
**Temperatura** : 15 °C  
**Conductividad Eléctrica** : 1138.00 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

**Dureza Total como CaCO<sub>3</sub>** : 314.16 mg/L  
**Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub>** : 413.70 mg/L  
**Cloruros como Cl<sup>-</sup>** : 273.91 mg/L  
**Sulfatos como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** : 99.40 mg/L  
**Sólidos Totales** : 565.00 mg/L  
**Porcentaje de salinidad** : 0.6 %  
**Turbidez** : 4 NTU  
**DBO** : 4.90 mg/L  
**DQO** : 12.25 mg/L

**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad, cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que es APTO.

Puno, C.U. 27 de junio del 2019.

VºBº



*Edith Tello Palma*  
DECANA  
FACULTAD ING. QUÍMICA  
UNA - PUNO



*Ing. Luz Marina Teves Ponce*  
JEFATURA  
Laboratorio de Ingeniería Química  
Laboratorio de Control de Calidad  
FACULTAD INGENIERIA QUIMICA  
UNA-PUNO

*Luz Marina Teves Ponce*  
ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - UNA - CIP - 162393





# Certificado de Análisis

LQ - 2019 N° 790

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: RIO 2  
**PROCEDENCIA** : PROVINCIA DE PUNO DISTRITO DE COATA (RIO DE COATA)  
**TESIS** : "CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA DEL RIO DE COATA"  
**INTERESADO** : CLAUDIA INQUILLA CALLA  
**MOTIVO** : ANALISIS DE AGUA  
**MUESTREO** : 29/05/2019, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 29/05/2019  
**COD. MUESTRA** : B009-000121

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Incoloro  
**OLOR** : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

**pH** : 7.46  
**Temperatura** : 15 °C  
**Conductividad Eléctrica** : 572.00 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

**Dureza Total como CaCO<sub>3</sub>** : 342.24 mg/L  
**Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub>** : 141.75 mg/L  
**Cloruros como Cl<sup>-</sup>** : 249.92 mg/L  
**Sulfatos como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** : 55.20 mg/L  
**Sólidos Totales** : 286.00 mg/L  
**Porcentaje de salinidad** : 0.3 %  
**Turbidez** : 4 NTU  
**DBO** : 3.84 mg/L  
**DQO** : 9.60 mg/L

**INTERPRETACIÓN**

I.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad, cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que es APTO.

Puno, C.U. 27 de junio del 2019.

VºBº



Edith Tello Palma  
DECANA  
FACULTAD ING. QUÍMICA  
UNA - PUNO



JEFATURA  
M.Sc. José Miguel Castillo Prado  
Coordinador, Laboratorio Control de Calidad  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
UNA - PUNO

*RSF*

ING. LUZ MARIKA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - UNA - CIP - 182393



# Certificado de Análisis

LQ - 2019

N° 0793

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: RIO 3  
**PROCEDENCIA** : PROVINCIA DE PUNO DISTRITO DE COATA (RIO DE COATA)  
**TESIS** : "CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA DEL RIO DE COATA"  
**INTERESADO** : CLAUDIA INQUILLA CALLA  
**MOTIVO** : ANALISIS DE AGUA  
**MUESTREO** : 29/05/2019, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 29/05/2019  
**COD. MUESTRA** : B009-000121

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Incoloro  
**OLOR** : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

**pH** : 7.47  
**Temperatura** : 15 °C  
**Conductividad Eléctrica** : 534.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

**Dureza Total como  $\text{CaCO}_3$**  : 321.92 mg/L  
**Alcalinidad como  $\text{CaCO}_3$**  : 131.46 mg/L  
**Cloruros como Cl** : 239.93 mg/L  
**Sulfatos como  $\text{SO}_4^{2-}$**  : 53.00 mg/L  
**Sólidos Totales** : 267.00 mg/L  
**Porcentaje de salinidad** : 0.3 %  
**Turbidez** : 4 NTU  
**DBO** : 3.84 mg/L  
**DQO** : 9.60 mg/L

**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que es APTO.

Puno, C.U. 27 de junio del 2019.

VºBº



*Edith Tello Palma*  
Edith Tello Palma  
DECANA  
FACULTAD ING. QUÍMICA  
UNA - PUNO



*M.Sc. José Miguel Castillo Prado*  
M.Sc. José Miguel Castillo Prado  
Coordinador, Laboratorio Control de Calidad  
FACULTAD INGENIERIA QUIMICA  
UNA-PUNO

*Luz Marina Teves Ponce*

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - UNA - CIP - 182393



LQ - 2019 N0792

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 01  
**PROCEDENCIA** : MUESTRA 01, PROVINCIA DE PUNO DISTRITO DE COATA (RIO DE COATA)  
**TESIS** : "CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA DEL RIO DE COATA"  
**INTERESADO** : CLAUDIA INQUILLA CALLA  
**MOTIVO** : TESIS DE INVESTIGACIÓN  
**MUESTREO** : 13/06/2019, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 13/06/2019  
**COD. MUESTRA** : B009-000136

### CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Verde  
**OLOR** : Inodoro

### CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

**pH** : 7.56  
**Temperatura** : 15 °C  
**Conductividad Eléctrica** : 1094.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$

### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

**Dureza Total como  $\text{CaCO}_3$**  : 313.44 mg/L  
**Alcalinidad como  $\text{CaCO}_3$**  : 339.78 mg/L  
**Cloruros como  $\text{Cl}^-$**  : 343.89 mg/L  
**Sulfatos como  $\text{SO}_4^{2-}$**  : 70.90 mg/L  
**Sólidos Totales** : 554.00 mg/L  
**Turbidez** : 4.00 NTU  
**DBO** : 4.48 mg/L  
**DQO** : 11.20 mg/L

### INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que es APTO.

Puno, C.U. 27 de junio del 2019.

VºBº



Edith Tello Palma  
DECANA  
FACULTAD ING. QUÍMICA  
UNA - PUNO



M.Sc. José Miguel Castillo Prado  
Coordinador, Laboratorio Control de Calidad  
FACULTAD INGENIERIA QUIMICA  
UNA-PUNO

LMP

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FACULTAD INGENIERIA QUIMICA  
UNA-PUNO



# Certificado de Análisis

LQ - 2019

N°0789

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 02  
**PROCEDENCIA** : MUESTRA 02, PROVINCIA DE PUNO DISTRITO DE COATA (RIO DE COATA)  
**TESIS** : "CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA DEL RIO DE COATA"  
**INTERESADO** : CLAUDIA INQUILLA CALLA  
**MOTIVO** : TESIS DE INVESTIGACIÓN  
**MUESTREO** : 13/06/2019, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 13/06/2019  
**COD. MUESTRA** : B009-000136

## CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Incoloro  
**OLOR** : Inodoro

## CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

**pH** : 7.60  
**Temperatura** : 15 °C  
**Conductividad Eléctrica** : 704.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$

## CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

**Dureza Total como  $\text{CaCO}_3$**  : 257.23 mg/L  
**Alcalinidad como  $\text{CaCO}_3$**  : 139.23 mg/L  
**Cloruros como  $\text{Cl}^-$**  : 269.92 mg/L  
**Sulfatos como  $\text{SO}_4^{2-}$**  : 55.20 mg/L  
**Sólidos Totales** : 352.00 mg/L  
**Turbidez** : 4.00 NTU  
**DBO** : 3.84 mg/L  
**DQO** : 9.60 mg/L

## INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que es APTO.

Puno, C.U. 27 de junio del 2019.

VºBº



*Edith Tello Palma*

Dña. Edith Tello Palma  
DECAÑA  
FACULTAD ING. QUÍMICA  
UNA - PUNO



*José Miguel Castillo Prado*  
M.Sc. José Miguel Castillo Prado  
Coordinador, Laboratorio Control de Calidad  
FACULTAD INGENIERIA QUIMICA  
UNA-PUNO

*Luz Marina Teves Ponce*  
ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - UNA - CIP - 162393



# Certificado de Análisis

LQ - 2019 N° 0788

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 03  
**PROCEDENCIA** : MUESTRA 03, PROVINCIA DE PUNO DISTRITO DE COATA (RIO DE COATA)  
**TESIS** : "CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA DEL RIO DE COATA"  
**INTERESADO** : CLAUDIA INQUILLA CALLA  
**MOTIVO** : TESIS DE INVESTIGACIÓN  
**MUESTREO** : 13/06/2019, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 13/06/2019  
**COD. MUESTRA** : B009-000136

## CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Incoloro  
**OLOR** : Inodoro

## CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

**pH** : 7.80  
**Temperatura** : 15 °C  
**Conductividad Eléctrica** : 684.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$

## CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

**Dureza Total como  $\text{CaCO}_3$**  : 289.96 mg/L  
**Alcalinidad como  $\text{CaCO}_3$**  : 135.03 mg/L  
**Cloruros como  $\text{Cl}^-$**  : 287.91 mg/L  
**Sulfatos como  $\text{SO}_4^{2-}$**  : 65.20 mg/L  
**Sólidos Totales** : 342.00 mg/L  
**Turbidez** : 4.00 NTU  
**DBO** : 4.48 mg/L  
**DQO** : 11.20 mg/L

## INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que es APTO.

Puno, C.U. 27 de junio del 2019.

VºBº



*Edith Tello Palma*  
**Edith Tello Palma**  
 DECANO  
 FACULTAD ING. QUÍMICA  
 UNA - PUNO



*M. José Miguel Castillo Prado*  
**M. José Miguel Castillo Prado**  
 Decanador, Laboratorio Control de Calidad  
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA  
 UNA-PUNO

*Luz Marina Teves Ponce*  
**ING. LUZ MARINA TEVES PONCE**  
 ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
 FIG - UNA - CIP - 182393



Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



# Certificado de Análisis

LQ-2019

Nº 852

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 1  
**PROCEDENCIA** : PROVINCIA DE PUNO DISTRITO DE COATA (RIO DE COATA)  
**TESIS** : "CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA DEL RIO DE COATA"  
**INTERESADO** : CLAUDIA INQUILLA CALLA  
**MOTIVO** : ANALISIS DE AGUA  
**MUESTREO** : 01/07/2019, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 01/07/2019  
**COD. MUESTRA** : B009-000142

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Verde  
**OLOR** : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

**pH** : 7.65  
**Temperatura** : 15 °C  
**Conductividad Eléctrica** : 1355.00 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

**Dureza Total como CaCO<sub>3</sub>** : 415.25 mg/L  
**Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub>** : 570.00 mg/L  
**Cloruros como Cl** : 409.87 mg/L  
**Sulfatos como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** : 51.10 mg/L  
**Sólidos Totales** : 675.00 mg/L  
**Porcentaje de salinidad** : 0.7 %  
**Turbidez** : 150.00 NTU  
**DBO** : 5.70 mg/L  
**DQO** : 14.25 mg/L

**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que es APTO para consumo humano.

Puno, C.U. 05 de junio del 2019.

vºpº



*Edith Tello Palma*

Edith Tello Palma  
DECANA  
FACULTAD ING. QUÍMICA  
UNA - PUNO



*M. Sc. José Miguel Castillo Prado*  
M. Sc. José Miguel Castillo Prado  
Coordinador, Laboratorio Control de Calidad  
FACULTAD INGENIERIA QUIMICA  
UNA-PUNO



Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD 2019



# Certificado de Analisis

Nº 851

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 2  
**PROCEDENCIA** : PROVINCIA DE PUNO DISTRITO DE COATA (RIO DE COATA)  
**TESIS** : "CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA DEL RIO DE COATA"  
**INTERESADO** : CLAUDIA INQUILLA CALLA  
**MOTIVO** : ANALISIS DE AGUA  
**MUESTREO** : 01/07/2019, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 01/07/2019  
**COD. MUESTRA** : B009-000142

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Incoloro  
**OLOR** : Inodoro

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS**

**pH** : 7.66  
**Temperatura** : 15 °C  
**Conductividad Eléctrica** : 585.00 µS/cm

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

**Dureza Total como CaCO<sub>3</sub>** : 323.86 mg/L  
**Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub>** : 144.27 mg/L  
**Cloruros como Cl<sup>-</sup>** : 409.87 mg/L  
**Sulfatos como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** : 74.50 mg/L  
**Sólidos Totales** : 291.00 mg/L  
**Porcentaje de salinidad** : 0.3 %  
**Turbidez** : 0.00 NTU  
**DBO** : 4.20 mg/L  
**DQO** : 10.30 mg/L

**INTERPRETACIÓN**

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que es APTO para consumo humano.

Puno, C.U. 05 de junio del 2019.

vºBº



*Edith Tello Paima*

Edith Tello Paima  
DECANA  
FACULTAD ING. QUÍMICA  
UNA - PUNO



*M.Sc. José Miguel Castillo Prado*

M.Sc. José Miguel Castillo Prado  
Coordinador, Laboratorio Control de Calidad  
FACULTAD INGENIERIA QUIMICA  
UNA-PUNO



LQ - 2019 N° 0853

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de AGUAS: MUESTRA 3  
**PROCEDENCIA** : PROVINCIA DE PUNO DISTRITO DE COATA (RIO DE COATA)  
**TESIS** : "CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA DEL RIO DE COATA"  
**INTERESADO** : CLAUDIA INQUILLA CALLA  
**MOTIVO** : ANALISIS DE AGUA  
**MUESTREO** : 01/07/2019, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 01/07/2019  
**COD. MUESTRA** : B009-000142

### CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Incoloro  
**OLOR** : Inodoro

### CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

**pH** : 7.64  
**Temperatura** : 15 °C  
**Conductividad Eléctrica** : 800,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$

### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

**Dureza Total como  $\text{CaCO}_3$**  : 269.18 mg/L  
**Alcalinidad como  $\text{CaCO}_3$**  : 170.94 mg/L  
**Cloruros como  $\text{Cl}^-$**  : 289.91 mg/L  
**Sulfatos como  $\text{SO}_4^{2-}$**  : 76.80 mg/L  
**Sólidos Totales** : 400.00 mg/L  
**Porcentaje de salinidad** : 0.4 %  
**Turbidez** : 0.00 NTU  
**DBO** : 4.08 mg/L  
**DQO** : 10.20 mg/L

### INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que es APTO para consumo humano.

Puno, C.U. 05 de junio del 2019.

vºBº



*Edith Tello Palma*  
 Dra. Edith Tello Palma  
 DECANA  
 FACULTAD ING. QUÍMICA  
 UNA - PUNO



*Jose Miguel Castillo Prado*  
 M.Sc. José Miguel Castillo Prado  
 Coordinador, Laboratorio Control de Calidad  
 FACULTAD INGENIERÍA QUÍMICA  
 UNA-PUNO





UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350  
AREQUIPA - PERÚ



INFORME DE ENSAYO N° ANA27E19.004008

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Claudia Inquilla Ccalla  
Dirección del cliente : Jr. Cultura M-16 Puno Coala  
RUC : No corresponde  
Identificación del contacto : Claudia Inquilla Ccalla  
Descripción de la muestra : Muestra agua PM1

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente  
Tamaño de muestra : 300 mL  
Fecha de recepción : 27/05/2019  
Fecha de ejecución de ensayo : 27/05/2019 al 03/05/2019  
Fecha de emisión de informe : 13/06/2019  
Página : 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE ARSENICO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,024
DETERMINACIÓN DE CADMIO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,004
DETERMINACIÓN DE MERCURIO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,000
DETERMINACIÓN DE PLOMO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,008

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

  
Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez  
CQFDA 00824  
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 64 382038 ANEXO 1168  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apdo. 1350  
AREQUIPA - PERÚ



**INFORME DE ENSAYO N° ANA27E19.004008B**

**INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE**

**Nombre del cliente** : Claudia Inquilla Ccalla  
**Dirección del cliente** : Jr. Cultura M-16 Puno Coata  
**RUC** : No corresponde  
**Identificación del contacto** : Claudia Inquilla Ccalla  
**Descripción de la muestra** : Muestra agua PM2

**INFORMACIÓN DEL ENSAYO**

**Condición del muestreo** : Por el cliente  
**Tamaño de muestra** : 300 mL  
**Fecha de recepción** : 27/05/2019  
**Fecha de ejecución de ensayo** : 27/05/2019 al 03/05/2019  
**Fecha de emisión de informe** : 13/06/2019  
**Página** : 1 de 1

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE ARSENICO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,023
DETERMINACIÓN DE CADMIO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,004
DETERMINACIÓN DE MERCURIO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,000
DETERMINACIÓN DE PLOMO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,007

**OBSERVACIONES:**

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

  
.....  
Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez  
CQFDA 00624  
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apdo. 1350  
AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO N° ANA27E19.004008C**

**INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE**

**Nombre del cliente** : Claudia Inquilla Ccalla  
**Dirección del cliente** : Jr. Cultura M-16 Puno Coata  
**RUC** : No corresponde  
**Identificación del contacto** : Claudia Inquilla Ccalla  
**Descripción de la muestra** : Muestra agua PM3

**INFORMACIÓN DEL ENSAYO**

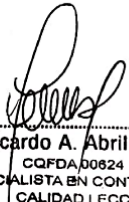
**Condición del muestreo** : Por el cliente  
**Tamaño de muestra** : 300 mL  
**Fecha de recepción** : 27/05/2019  
**Fecha de ejecución de ensayo** : 27/05/2019 al 03/05/2019  
**Fecha de emisión de informe** : 13/06/2019  
**Página** : 1 de 1

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE ARSENICO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,029
DETERMINACIÓN DE CADMIO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,004
DETERMINACIÓN DE MERCURIO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,000
DETERMINACIÓN DE PLOMO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,008

**OBSERVACIONES:**

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

  
.....  
Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez  
CQFDA 00824  
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350  
AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO N° ANA13F19.004050A**

**INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE**

**Nombre del cliente** : Claudia Inquilla Ccalla  
**Dirección del cliente** : Jr. Cultura M-16 Puno Coata  
**RUC** : No corresponde  
**Identificación del contacto** : Claudia Inquilla Ccalla  
**Descripción de la muestra** : Muestra agua M1

**INFORMACIÓN DEL ENSAYO**

**Condición del muestreo** : Por el cliente  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de recepción** : 13/06/2019  
**Fecha de ejecución de ensayo** : 13/06/2019 al 20/06/2019  
**Fecha de emisión de informe** : 02/07/2019  
**Página** : 1 de 1

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE ARSENICO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,012
DETERMINACIÓN DE CADMIO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,004
DETERMINACIÓN DE MERCURIO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,000
DETERMINACIÓN DE PLOMO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,003

**OBSERVACIONES:**

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

  
Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez  
CQFDA 00824  
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350  
AREQUIPA - PERÚ



**INFORME DE ENSAYO N° ANA13F19.004050B**

**INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE**

**Nombre del cliente** : Claudia Inquilla Ccalla  
**Dirección del cliente** : Jr. Cultura M-16 Puno Coata  
**RUC** : No corresponde  
**Identificación del contacto** : Claudia Inquilla Ccalla  
**Descripción de la muestra** : Muestra agua M2

**INFORMACIÓN DEL ENSAYO**

**Condición del muestreo** : Por el cliente  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de recepción** : 13/06/2019  
**Fecha de ejecución de ensayo** : 13/06/2019 al 20/06/2019  
**Fecha de emisión de informe** : 02/07/2019  
**Página** : 1 de 1

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE ARSENICO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,007
DETERMINACIÓN DE CADMIO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,004
DETERMINACIÓN DE MERCURIO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,000
DETERMINACIÓN DE PLOMO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,008

**OBSERVACIONES:**

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

  
D.F. Ricardo A. Abril Ramirez  
CQFDA 00824  
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350  
AREQUIPA - PERÚ



**INFORME DE ENSAYO N° ANA13F19.004050C**

**INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE**

**Nombre del cliente** : Claudia Inquilla Ccalla  
**Dirección del cliente** : Jr. Cultura M-16 Puno Coata  
**RUC** : No corresponde  
**Identificación del contacto** : Claudia Inquilla Ccalla  
**Descripción de la muestra** : Muestra agua M3

**INFORMACIÓN DEL ENSAYO**


**Condición del muestreo** : Por el cliente  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de recepción** : 13/06/2019  
**Fecha de ejecución de ensayo** : 13/06/2019 al 20/06/2019  
**Fecha de emisión de informe** : 02/07/2019  
**Página** : 1 de 1

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE ARSENICO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,016
DETERMINACIÓN DE CADMIO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,004
DETERMINACIÓN DE MERCURIO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,000
DETERMINACIÓN DE PLOMO Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/L	0,009

**OBSERVACIONES:**

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

  
Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez  
CQFDA 00824  
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350  
AREQUIPA - PERÚ



**INFORME DE ENSAYO N° ANA02G19.004092A**

**INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE**

**Nombre del cliente** : Claudia Inquilla Ccalla  
**Dirección del cliente** : Jr Cultura M1 Puno  
**RUC** : No corresponde  
**Identificación del contacto** : Claudia Inquilla Ccalla  
**Descripción de la muestra** : Muestra N° 1

**INFORMACIÓN DEL ENSAYO**

**Condición del muestreo** : Por el cliente  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de recepción** : 02/07/2019  
**Fecha de ejecución de ensayo** : 02/07/2019 a 09/07/2019  
**Fecha de emisión de informe** : 18/07/2019  
**Página** : 1 de 1

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
<b>DETERMINACION DE METALES TOTALES</b>		
Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7 Revision 4.4		
Arsénico (As)	mg/mL	0,059
Mercurio (Hg)	mg/mL	0,000
Plomo (Pb)	mg/mL	0,005
Cadmio (Cd)	mg/mL	0,004

**OBSERVACIONES:**

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

  
O.F. Ricardo A. Abril Ramirez  
CQFDA 00624  
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350  
AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO N° ANA02G19.004092B**

**INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE**

**Nombre del cliente** : Claudia Inquilla Ccalla  
**Dirección del cliente** : Jr Cultura M1 Puno  
**RUC** : No corresponde  
**Identificación del contacto** : Claudia Inquilla Ccalla  
**Descripción de la muestra** : Muestra N°2

**INFORMACIÓN DEL ENSAYO**

**Condición del muestreo** : Por el cliente  
**Tamaño de muestra** : 500 mL  
**Fecha de recepción** : 02/07/2019  
**Fecha de ejecución de ensayo** : 02/07/2019 a 09/07/2019  
**Fecha de emisión de informe** : 18/07/2019  
**Página** : 1 de 1

**I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
<b>DETERMINACION DE METALES TOTALES</b>		
Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7 Revision 4.4		
Arsénico (As)	mg/mL	0,049
Mercurio (Hg)	mg/mL	0,000
Plomo (Pb)	mg/mL	0,003
Cadmio (Cd)	mg/mL	0,004

**OBSERVACIONES:**

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

  
Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez  
CQFDA 00824  
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC







UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS  
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166  
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350  
AREQUIPA - PERÚ



INFORME DE ENSAYO N° ANA02G19.004092C

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Claudia Inquilla Ccalla  
Dirección del cliente : Jr Cultura M1 Puno  
RUC : No corresponde  
Identificación del contacto : Claudia Inquilla Ccalla  
Descripción de la muestra : Muestra N°3

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente  
Tamaño de muestra : 500 mL  
Fecha de recepción : 02/07/2019  
Fecha de ejecución de ensayo : 02/07/2019 a 09/07/2019  
Fecha de emisión de informe : 18/07/2019  
Página : 1 de 1

I. ANALISIS FISICO - QUIMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACION DE METALES TOTALES		
Adaptado de Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7 Revision 4.4		
Arsénico (As)	mg/mL	0,039
Mercurio (Hg)	mg/mL	0,000
Plomo (Pb)	mg/mL	0,008
Cadmio (Cd)	mg/mL	0,004

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

  
Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez  
CQFDA 00624  
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

