

- I. Título  
Evaluación de la calidad del agua superficial en desembocadura del río Torococha - Juliaca.
  
- II. Resumen del Proyecto de Tesis.  
La investigación denominada: evaluación de la calidad del agua superficial en la desembocadura del río Torococha, parte baja de la cuenca del río Coata, considera parámetros orgánicos de la calidad del agua producto de las actividades económicas y de la población de Juliaca, Caracoto, Huata y Coata de la cuenca baja del río Coata, la que considera el siguiente detalle: La Identificación del problema ambiental, los resultados de los diferentes parámetros orgánicos del monitoreo de la calidad de agua en el río Torococha como tributario al río Coata las que son utilizadas para consumo humano, pecuario y de riego en base a los Estándares de la calidad de agua para la categoría III de nuestras normas nacionales en el periodo 2023. Para el cotejo de los parámetros ambientales se utilizará el método científico en base al protocolo nacional de monitoreo de calidad del agua de la autoridad nacional del agua; cada uno de ellos validados por el razonamiento de expertos locales, dando la confiabilidad con la lógica del Alfa de Cronbach; Se pretende encontrar resultados de DBO<sub>5</sub>, DQO, Nitrogeno Total, Fosforo Total, pH, Oxígeno Disuelto, Conductividad eléctrica, y la carga microbiológica en el periodo de verano y otoño, condiciones climáticas que favorecen el desarrollo de la biomasa microbiana, pretendiéndose encontrar los elevados niveles de contaminantes que son arrastrados por la escorrentía y la verificación de la concentración de carga orgánica no biodegradable que afecta a la población de flora y fauna del ecosistema ribereño del cauce del río Coata.
  
- III. Palabras claves (Keywords).  
Cuenca, Calidad del agua, Monitoreo, Parámetro ambiental.
  
- IV. Justificación del proyecto  
En el contexto socio ambiental, la defensoría del pueblo en la región de Puno muestra las evidencias de la contaminación de la cuenca del río Coata, las que son refrendadas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y la Dirección Regional de Salud Puno (DIRESA). Quienes a partir de diferentes programas de monitoreo, muestran resultados alarmantes de las condiciones de contaminación de agua, evidenciando que los valores encontrados superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Estándares de Calidad Ambiental para agua(ECA), en parámetros como el boro, hierro, manganeso, sodio, arsénico, plomo, coliformes termotolerantes Escheríchia Coli, bicarbonatos, cloruros, aceites y grasas.  
La ANA (2019), de sus resultados, evidenció que las fuentes de contaminación provendrían de 21 vertimientos (8 municipales, 4 industriales, 7 botaderos de residuos sólidos municipales y 3 colectores de descargas in situ). Los parámetros que sobrepasan los valores establecidos en el ECA agua categoría 4 son: oxígeno disuelto, pH, Conductividad Eléctrica, Fósforo Total, Nitrógeno, Mercurio, Plomo total, y Zinc total en 19 puntos de monitoreo ubicados en la cuenca Coata, que tiene una superficie de 5,548.5 km<sup>2</sup> y alberga alrededor de 221,097 habitantes, de los

cuales el 70.49% vive en el área urbana y 29.51% en el área rural; y las principales actividades económicas son la pecuaria y agrícola.( informe técnico N° 055-2019-ANA-AAA.TIT-AT/RWAA).

La evidencia de exposición de personas a metales tóxicos en la cuenca del río Coata se da luego de los análisis de sangre y orina realizados por el Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Medio Ambiente del Instituto Nacional de Salud (CENSOPAS) cuyos resultados fueron que 34 personas presentan niveles de arsénico en sangre y orina, y 2 arsénico y mercurio, dentro de los cuales se encuentran niños y niñas de entre 4 y 14 años de edad (Informe de Resultados N° 585G-2020-CENSOPAS). Además, en un segundo estudio llevado a cabo en enero del 2021, se muestra que 223 personas habrían superado las concentraciones de arsénico en orina.

## V. Antecedentes del proyecto

### 5.1 Antecedentes

#### 5.1.1. Antecedentes nacionales.

ANA (2010), La Autoridad Nacional del Agua viene priorizando intervenciones en materia de calidad de los recursos hídricos desde el año 2010, a través del desarrollo de acciones de identificación de fuentes potenciales de deterioro de la calidad del recurso hídrico y los monitoreos de calidad de los cuerpos de agua naturales. Como resultado de ello, se identificó que la principal presión en la calidad del recurso hídrico es la descarga de aguas residuales poblacionales, seguida de los botaderos de residuos sólidos y pasivos ambientales mineros.

ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A (2012), Los principales riesgos que presentan las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, son la contaminación por pastoreo y por la inadecuada disposición de los residuos sólidos a nivel de las orillas de los ríos Apurímac, Santo tomas y Challhuahuacho, no solo encontrándose restos de plaguicidas también por el vertimiento de aguas residuales domésticas.

Minsa (2007), el ministerio de salud, presenta un documento técnico, donde establece los criterios fundamentales para el desarrollo de los monitoreos considerando las pautas para identificar los parámetros, las estaciones de muestreo, procedimientos de toma de muestras, preservación, conservación, envío de muestras y documentos necesarios. Asimismo, permitirá incorporar el aseguramiento y control de calidad del monitoreo y base para que el Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos de la Autoridad Sanitaria – DIGESA pueda evaluar la calidad sanitaria. Asimismo, servirá de Instrumento Oficial de trabajo para el usuario en general. Por ello la autoridad administrativa del agua Caplina Ocoña, en coordinación con la Autoridad Local del agua del río Tambo llevo adelante el Plan de vigilancia para el tercer monitoreo participativo de la calidad del agua superficial de la cuenca Tambo, desde el río paltiture, río ichuña, coralque y río tambo bajo, tomándose muestras en 45 puntos por parte de los laboratorios acreditados Servicios Analíticos Generales S.A.C. tomando como referencia los ECAs Agua D.S. N° 002-2008-MINAM, para establecer el grado de concentración, sustancia o parámetro físico, químico o biológico en su condición de cuerpo receptor y componente básico del ecosistema acuático. Que no represente riesgo significativo para la salud de las personas y para el ambiente.

De los resultados se tiene altas concentraciones de boro lo cual es factor negativo para usos con fines de riego. Lo propio ocurre en el río Paltirure donde la concentración de conductividad eléctrica, sulfatos, yodo y boro superan los establecido en las normas de calidad de agua.

#### 5.1.2 Antecedentes Internacionales.

Pablo Pastén, y Katherine Lizama (2015), Mucho se ha avanzado en el conocimiento y protección de la calidad del agua en Chile, pero condiciones hidrológicas y geoquímicas diversas sumadas a presiones del desarrollo urbano, agrícola, industrial y minero hacen de Chile un caso interesante, determinando múltiples desafíos hacia el cumplimiento de la Agenda 2030 en dimensiones más allá del saneamiento y acceso a agua potable. Las principales metas e indicadores asociados a calidad del agua contenidos en los ODM, incluyendo su variación para Chile entre 1990 y 2015. La calidad del agua en los ODM se relaciona principalmente con el ODM 7, especialmente con la Meta 7C y los Indicadores 7.8 y 7.9. Así, los aspectos de calidad del agua en los ODM se concentran en acceso a agua potable y saneamiento. La implementación sistemática de interceptores, conducciones de aguas residuales, y plantas de tratamiento y disposición de aguas servidas impactó favorablemente los indicadores de salud pública. La implementación de esta política pública –que en este caso se realizó bajo el sistema de concesiones a privados– se asoció a un aumento de la cantidad de hectáreas regadas con aguas de calidad apta para agricultura, disponibilidad de aguas aptas para cumplir estándares internacionales de seguridad alimentaria en productos agrícolas de exportación, condiciones más favorables al turismo y la posibilidad de recuperación de energía en los sistemas de digestión anaeróbica.

Saravia Luis (2021), Con el fin de realizar el seguimiento a la calidad hídrica, la CAR realiza el monitoreo y análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos distribuidos en dos campañas realizadas anualmente, a las ocho (8) subzonas hidrográficas (Río Seco y otros directos al Magdalena, Río Negro, Río Carare, Río Bogotá, Río Sumapaz, Río Garagoa, Río Guavio y Río Guayuriba), y a los dos (2) niveles subsiguientes (Río Alto Suárez y Río Medio y Bajo Suárez) contenidos dentro de la jurisdicción. En el actual documento se muestran los resultados obtenidos para el cálculo del Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales (ICA) para las campañas de monitoreo del año 2020 realizadas en las ocho (8) subzonas hidrográficas y los dos (2) niveles subsiguientes a partir de la metodología propuesta por el IDEAM en las fichas metodológicas de aplicación a nivel nacional, que pueden ser consultadas directamente en la página de esta institución<sup>3</sup>, donde se calcula a partir de un conjunto de siete (7) variables, la calidad de agua en corrientes superficiales.

El ICA toma valores entre 0 y 1, los valores más bajos indican una peor calidad y mayores limitaciones para el uso del agua. La aplicación de ICA se utiliza como una herramienta para determinar el estado de las cuencas de la región en un tiempo determinado y con su análisis se puede evaluar las restricciones en los usos definidos en cada tramo de una corriente.

Tabla 1 Variables Involucradas en el Cálculo del ICA

Variable	Unidad	Peso de Importancia
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.16
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	0.14
Conductividad eléctrica	μS/cm	0.14
Relación N total/P total	(mg/l)/( mg/l)	0.14
pH	Unidad de pH	0.14
Sólidos en Suspensión	mg/l	0.14
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	0.14

Fuente: IDEAM – 2013

Tabla 2 Descriptores de Calidad del ICA

Categoría de valores que pueden tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0,00 - 0,25	Muy mala	Rojo
0,26 - 0,50	Mala	Naranja
0,51 - 0,70	Regular	Amarillo
0,71 - 0,90	Aceptable	Verde
0,91 - 1.00	Buena	Azul

Fuente: IDEAM - 2011

Gonzalo Nader (2015), La ocupación no planificada del territorio de los últimos 50 años en el tramo medio y bajo de la Cuenca del río Reconquista Buenos Aires ha modificado la relación de los pobladores de la cuenca con el cuerpo de agua. Las diferentes actividades económicas y domésticas como los usos residenciales, comerciales y productivos han transformado al Reconquista en un río urbano, sin haberse resuelto adecuadamente las cuestiones. En particular, la degradación de la calidad de sus aguas y el entorno ambiental, lo que ha restringido la mayoría de sus usos, entre los que se destaca: el de protección de vida acuática; recreación con y sin contacto directo; fuente de agua para bebida de ganado; uso industrial; y, fuente de agua para consumo humano con tratamiento convencional.

## 5.2. Marco Teórico

### 5.2.1 Contaminación del agua

Larios F (2015), el crecimiento de la población en América Latina se encuentra concentrada en ciudades por encima del 80%. Sin embargo, la provisión de agua es insuficiente principalmente en las zonas costeras. Más aun, las estadísticas informan que el 70% de las aguas residuales no tienen tratamiento, lo que dificulta alcanzar las demandas de consumo, particularmente por el reuso del agua debido a la concentración de contaminantes. Reportes del Ministerio de Economía en el Perú, solamente se ha ejecutado el 30% de la inversión pública en tratamiento de agua, de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural 2006-2015. La contaminación del agua ocurre desde la cabecera de cuenca principalmente por la actividad minera y las descargas de las aguas residuales domésticos. Las sustancias que contaminan el agua son orgánicas e inorgánicas. En todos los casos, la

contaminación del agua pone a la Salud Pública en peligro, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS). Una preocupación es la contaminación del agua, que proviene de la presencia de altos niveles de arsénico inorgánico, plomo y cadmio por las consecuencias negativas tales como cáncer, diabetes mellitus, y enfermedades cardiovasculares. En el caso de los distritos de Lima, La Oroya y Juliaca, el rango de la concentración de arsénico inorgánico fue de 13 a 193 microgramos por litro para las aguas subterráneas y superficiales, más alto que el límite de 10 microgramos por litro según lo recomendado por la OMS.

Cornejo D. (2009), La actividad minera en su escala mediana y artesanal en la cabecera de la cuenca del Rio Ramis, ocasiona el deterioro y debradación progresiva de la flora y fauna ribereña, generando efectos negativos en la actividad socioeconómica de la población media y baja de la cuenca, además de dañar las funciones hidrológicas de la cuenca del Ramis. El muestreo en 13 puntos de del rio ramis, distribuidos en tres sub cuencas: Azángaro (seis puntos), Ayaviri (cuatro puntos) y Ramis (tres puntos). El monitoreo se realizó en cuatro épocas del año 2009, para evaluar la variación estacional de los parámetros elegidos (As, Hg y Pb). En cada punto se colectó muestras de aguas y sedimentos, realizando pruebas de campo in situ (pH, Tº y Conductividad) y determinaciones analíticas en el laboratorio de calidad ambiental de la UMSA. Los análisis de agua reportaron concentraciones por encima de los Estandares de Calidad Ambiental para el agua (ECA-Peru): arsénico (máx 0.080mg/L); y plomo (máx 0.076mg/L). Así mismo, en sedimentos se reportó concentraciones por encima de los límites permitidos (USEPA-USA): arsénico (máx 152mg/Kg), mercurio (máx 0.140mg/Kg) y plomo (máx 55mg/Kg), Estas variaciones son producto del uso desmedido de mercurio en recuperación del oro en La Rinconada y Ananea, que generan, además grandes cantidades de sólidos en suspensión y como consecuencia sedimentos superficiales. Los pasivos mineros de la mina Cecilia (plomo-zinc), San Rafael y Arasi estarían contribuyendo a los procesos de contaminación registrados. Palabras clave: Contaminación, Minería, Ramis, Aguas y Sedimentos.

Greysi Sullca Curipaco (2020), Actualmente el crecimiento de la población tiene como consecuencia el aumento del volumen de las aguas residuales. Esta aumento de las aguas residuales nos pueden llevar a distintos escenarios: uno de estos sería una situación en la que a partir de su tratamiento estas terminen en los cuerpos de agua, sin embargo también surgen otros escenarios, que es la que tomará en cuenta en esta investigación, como el reutilizar estas aguas para el riego de áreas verdes disminuyendo así el estrés hídrico actual; sin embargo se debe de tomar en cuenta que por sus características se puede afectar el suelo y las plantas presentes en el mismo, debido a que estas aguas pueden contener microorganismos patógenos, metales pesados, entre otros. No obstante, si se realiza un adecuado tratamiento se puede revertir esta situación, por ello la presente revisión tiene como objetivo describir los tratamientos que actualmente se llevan a cabo en una Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), identificando algunas nuevas opciones que se vienen desarrollando y lo cual ayuda a que el tratamiento sea más eficiente. No existe un tratamiento en específico para que las aguas sean reutilizadas, ya que esta dependerá de las características de cada una, sin embargo se debe de tener en cuenta que las mismas deben de pasar por una serie de tratamientos antes de ser

vertidas a un cuerpo natural o en todos los casos ser reutilizadas, ante ello se llegó a la conclusión que el utilizar el reactor UASB después de las etapas de pre tratamiento es una buena opción, sin embargo aún se deben realizar algunos procesos que incluyen las lagunas de estabilización, lo cual ayudaría a tener una PTAR más eficiente, y disminuir el riesgo de la presencia de organismos patógenos.

### **Monitoreo de la calidad del agua**

ANA (2016), El Protocolo de Monitoreo es un instrumento de gestión ambiental de cumplimiento obligatorio para efectuar el monitoreo, supervisión y fiscalización ambiental, así como para la verificación del cumplimiento de los LMP y de los Instrumentos de Gestión Ambiental aprobados, de conformidad con lo establecido en el Artículo 4 del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM que aprueba los límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. También es de obligatorio cumplimiento para la evaluación y seguimiento de la eficiencia de las PTAR. En este sentido estas acciones están vinculadas a la aplicación e implementación de las siguientes normas

### **Parámetros a monitorear en cuerpos loticos.**

ANA (2009), Los parámetros de calidad del agua que deben ser monitoreados en las descargas y aguas receptoras del río Coata tienen que guardar relación con los contaminantes potenciales que pueden estar presentes en las aguas residuales. Los parámetros que se plantean deben estar incluidos, como mínimo, en cualquier programa de monitoreo de calidad de aguas producidas por el vertimiento al sistema de drenaje del río Coata. También se discute la presencia de sólidos suspendidos totales, pH, Temperatura, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno y los coliformes termotolerantes. Estos parámetros deberán ser monitoreados en cinco puntos de observación de acuerdo al protocolo de monitoreo de recursos hídricos superficiales.

- Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

#### **1. Temperatura**

El agua vertida a un río, por las actividades que se dan en la cuenca, tiene temperaturas elevadas en algunos casos (por ejemplo la selva amazónica). Las descargas de agua a altas temperaturas pueden causar daños a la flora y fauna de las aguas receptoras al interferir con la reproducción de las especies, incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos, acelerar las reacciones químicas, reducir los niveles de oxígeno y acelerar la eutrofización.

#### **2. pH**

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Aguas fuera del rango normal de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática (por debajo de 7 son ácidas y por encima de 9 son alcalinas). Estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática. Las aguas residuales, particularmente aquellas de las

operaciones de refinación, pueden ser muy ácidas o alcalinas por el uso de productos químicos en varios procesos de refinación.

### 3. Conductividad Eléctrica.

La conductividad de una muestra de agua es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones, así como de la temperatura del agua. En el caso de salmueras de la agroindustria y efluentes de industriales, es simplemente un indicador de la salinidad del agua.

### 4. Sólidos Totales Disueltos.

Los Sólidos Totales Disueltos (STD) constituyen una medida de la parte de sólidos en una muestra de agua que pasa a través de un poro nominal de  $2,0\ \mu\text{m}$  (o menos) en condiciones específicas. Esta medida proporciona otra indicación (como la conductividad) de la salinidad en las descargas de la industria.

### 5. Demanda Bioquímica de Oxígeno.

La demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ) es la cantidad de oxígeno usado por las bacterias bajo condiciones aeróbicas en la oxidación de materia orgánica para obtener  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . Esta prueba proporciona una medida de la contaminación orgánica del agua, especialmente de la materia orgánica biodegradable.

### 6. Demanda Química de Oxígeno.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es una medida del equivalente en oxígeno del contenido de materia orgánica en una muestra que es oxidable utilizando un oxidante fuerte. Es diferente a la prueba de la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ), pues la DBO mide sólo la fracción orgánica oxidable biológicamente. Es importante obtener una medida de la DQO en aguas del río, pues existen residuos sólidos e industriales, con frecuencia, contienen contaminantes orgánicos no biodegradables.

### 7. Coliformes Totales

Los coliformes son bacterias principalmente asociadas con los desechos humanos y animales. Los coliformes totales proporcionan una medida de la contaminación del agua proveniente de la contaminación fecal.

### 8. Aceites y Grasas.

Los aceites y grasas se definen en los "Métodos Estándar" como "cualquier material recuperado en la forma de una sustancia soluble en el solvente". El triclorofluoroetano es el solvente recomendado; sin embargo, debido a los problemas ambientales con los clorofluorocarbonos, se incluyen también solventes alternativos. La recolección de muestras y la medición deben realizarse con extremo cuidado.

### 9. Oxígeno Disuelto.

Este parámetro proporciona una medida de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Mantener una concentración adecuada de oxígeno disuelto en el agua

es importante para la supervivencia de los peces y otros organismos de vida acuática. La temperatura, el material orgánico disuelto, los oxidantes inorgánicos, etc. afectan sus niveles. La baja concentración de oxígeno disuelto puede ser un indicador de que el agua tiene una alta carga orgánica provocada por aguas residuales.

VI. Hipótesis del trabajo

La Identificación de los resultados de la evaluación del monitoreo de la Calidad del Agua Superficial de la desembocadura del río Torococha, acrecentará positivamente en la determinación de la calidad del agua y el uso para diversos fines demandados por la población de la cuenca baja del río Coata.

VII. Objetivo general

Determinar el resultado de la evaluación del monitoreo de la calidad de agua de los parámetros orgánicos en la cuenca baja del río Coata con fines de aprovechamiento.

VIII. Objetivos específicos.

Encontrar los niveles de concentración de carga orgánica, productos de los vertimientos de la ciudad de Juliaca y que influyen en la calidad del agua de la cuenca baja del río Coata.

Evaluar el cumplimiento de los parámetros analizados con la normativa vigente D.S. 004-2017-MINAM, que fijan los estándares de calidad ambiental.

IX. Metodología de la Investigación

La metodología planteada a seguir con el presente trabajos de investigación referente a caracterizar la calidad del agua en la cuenca baja del río Coata y encontrar el logro de los objetivos planteados es como sigue:

1. Recopilación de información: en la región Puno; existen instituciones públicas y privadas vinculadas a la gestión de los recursos naturales de la cuenca del Coata, que permite cotejar información primaria escritos en el diseño de proyectos de remediación, perfiles técnicos, libros, tesis, revistas de investigación, entre otros.
2. Trabajos de Campo: permite el levantamiento de información del territorio a estudiar en base a la topografía y geomática, padrones de la población asentada en la cuenca baja del río Coata, Información sanitaria del centro de salud, muestreo de aguas superficiales, entre otros.
3. Trabajo de gabinete y laboratorio de los diferentes parámetros orgánicos de calidad del agua.
  - i. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno,
  - ii. Determinación de la demanda química de oxígeno,
  - iii. Determinación de la turbiedad.
  - iv. Determinación de parámetros de campo (temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y pH).
  - v. Determinación de aceites y grasas.
  - vi. Determinación de los coliformes termotolerantes.

El trabajo tiene características de investigación Aplicada del tipo no experimental que busca la evaluación del seguimiento de la cualidad del agua superficial del río Coata en la cuenca baja.

El nivel de investigación es explicativo ya que establece hipótesis, es decir, supuestos y presunciones, en forma directa o indirecta, que construye el núcleo del encuadre teórico.

X. Referencias.

ANA (2019) Informe Técnico N° 055-2019-ANA-AAA.TIT-AT/RWAA, Resultados del monitoreo participativo de la calidad del agua superficial en la Unidad Hidrográfica Coata – septiembre 2019.

CENSOPAS (2020), Informe de Resultados N° 585G-2020-CENSOPAS “Salud Ocupacional y Ambiental”.

Cornejo Dalmiro (2009), Contaminación de aguas y sedimentos por As, Pb y Hg de la cuenca del Río Ramis. Revista de investigaciones UNA-PUNO.

Sullca Curipaco Greysi (2020), “Reutilización de aguas residuales municipales para el riego agrícola”, Universidad Científica, Lima – Perú.