

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**



**TESIS**

**EVALUACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA DEL RÍO RAMIS  
SECTOR CRUCERO - SAN ANTON Y SU INTERPRETACIÓN EN  
SOFTWARE**

**PRESENTADA POR:**

**RUBY JUNIORS ALVAREZ ARTEAGA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAGISTER SCIENTIAE EN TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN  
AMBIENTAL**

**PUNO, PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**



**TESIS**  
**EVALUACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA DEL RÍO RAMIS**  
**SECTOR CRUCERO - SAN ANTON Y SU INTERPRETACIÓN EN**  
**SOFTWARE**

**PRESENTADA POR:**  
**RUBY JUNIORS ALVAREZ ARTEAGA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**  
**MAGISTER SCIENTIAE EN TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:


PRESIDENTE

  
.....  
Dr. DANTE ATILIO SALAS AVILA

PRIMER MIEMBRO

  
.....  
M.Sc. ROGER HUANQUI PÉREZ

SEGUNDO MIEMBRO

  
.....  
M.Sc. VICTOR HUGO VALENCIA PARISACA

ASESOR DE TESIS

  
.....  
M.Sc. DAVID APOLINARIO PAREDES TORRES

Puno, 19 de octubre de 2018

**ÁREA :** Medio Ambiente  
**LÍNEA:** Ingeniería y Tecnología de Protección Ambiental  
**TEMA :** Metales Pesados en Agua y su Interpretación

## DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia y en especial a mis tres hijos por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

## AGRADECIMIENTOS

- El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.
- A mi madre por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.
- Agradezco a mi director de tesis M.Sc. David Apolinario Paredes Torres quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación. A los docentes de la Maestría por sus consejos, enseñanzas, apoyo y sobre todo amistad brindada en los momentos más difíciles de mi vida.
- Agradezco a los todos docentes de la carrera profesional de Ingeniería Metalúrgica que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Nacional del Altiplano Puno.



**ÍNDICE GENERAL**

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1

**CAPÍTULO I****REVISION DE LA LITERATURA**

1.1. Marco teórico	3
1.2. Antecedentes	7
1.3. Modelo matemático unidimensional HEC – RAS	17
1.3.1. Características generales	17
1.3.2. Modelo hidrodinámico	17
1.3.3. Modelo de flujo permanente	17

**CAPÍTULO II****PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

2.1. Planteamiento del problema	19
2.2. Preguntas problema	21
	iii

2.2.1. General	21
2.2.2. Específicas	21
2.3. Justificación	21
2.4. Objetivos	22
2.4.1. Objetivo general	22
2.4.2. Objetivos específicos	22
2.5. Hipótesis	22
2.5.1. Hipótesis general	22
2.5.2. Hipótesis específicas	22
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA</b>	
3.1. Ámbito de estudio	23
3.1.1. Ubicación	23
3.1.2. Consideraciones del río Ramis	24
3.2. Metodología	25
3.2.1. Evaluación de calidad de agua en el río	25
3.3. Muestreo de metales pesados	25
3.3.1. Procedimiento analítico	25
3.4. Diseño estadístico	26
3.5. Puntos de muestreo	26
3.5.1. Muestreo y análisis de agua	26
3.5.2. Resultados	28

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

4.1.	Niveles de contaminación en agua en el área de estudio	30
4.1.1.	Parámetros físico – químicos	30
4.1.2.	Contaminación de agua en el río	31
4.2.	Contenido de metales pesados en agua	32
4.2.1.	Análisis de cadmio	32
4.2.2.	Análisis de plomo	34
4.2.3.	Análisis del zinc	34
4.3.	Modelamiento matemático con HEC – RAS	35
	CONCLUSIONES	43
	RECOMENDACIONES	44
	BIBLIOGRAFÍA	45
	ANEXOS	52

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Límites máximos permisibles (mg/L) de metales en aguas utilizables son diversos fines	12
2. Código de los puntos de muestreo	24
3. Métodos de análisis de metales pesados en agua	27
4. Código de los puntos de muestreo de agua	27
5. Resultados de laboratorio	28
6. Parámetros físico – químicos	30
7. Caudal de los tramos del río	30
8. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM	31
9. Comparación de los estándares con los resultados de laboratorio LAS	32
10. Caudal obtenido en los puntos de extracción de muestras	39
11. Datos de los puntos de monitoreo modelado	40
12. Resultados del modelamiento	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Área de Estudio de la Sub Cuenca del Rio Crucero San Anton	23
2. Mapa de ubicación de puntos	24
3. Resultados Cd Vs Eca agua	32
4. Resultados Zn	34
5. Geometría del río	35
6. Pendientes del río	36
7. Sección Transversal del PM1	36
8. Sección transversal del PM2	37
9. Sección transversal Del PM3	37
10. Sección transversal Del PM4	38
11. Sección transversal del PM5	38
12. Ingreso de caudal en flujo permanente	39
13. Punto de muestreo – Puente Crucero	53
14. Punto de muestreo N° 2 - Zona de Carlos Gutiérrez	53
15. Punto de muestreo - Zona de Choquesani	54
16. Punto de muestreo N° 5 – San Antón	54
17. Medición de caudal por el método del Flotador	55
18. Medición de la Profundidad para el Software Hec ras	55
19. Recolección de muestra de agua	56

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Fotografías de tomado de muestra	53
2. Resultados de análisis de laboratorio	57
3. Normas legales	61

## RESUMEN

La contaminación de aguas, por metales pesados, es uno de los problemas ecológicos más severos a escala mundial y en forma particular en el Altiplano del Sur Peruano, La subsecuente contaminación de la cadena alimenticia es una de las vías más importantes en la exposición de la fauna y la población humana a los metales pesados. En nuestra región la cuenca del río Ramis sufre una contaminación por metales pesados producto de la actividad de explotación minera y pasivos mineros existentes en la zona, que además el Rio Ramis es uno de los principales afluentes del Lago Titicaca que presenta contaminación orgánica e inorgánica. El trabajo de investigación pretende mostrar los niveles de contaminación por metales por medio del análisis químico de aguas de la zona en estudio. La metodología utilizada está basada en la toma de muestras de aguas. La caracterización de la zona de estudio por metales se realizó evaluando en cinco sitios de monitoreo como son: Puente Crucero división Limbani, zona Carlos Gutiérrez, Catuyo Grande, Choquesani y Puente San Antón, Los parámetros evaluados fueron metales pesados en agua del área de estudio. Los valores de los metales pesados en agua supera los límites en el caso del cadmio 0,00429mg/ L, 0,00040 mg/L, cromo 0,00841 mg/L, 0,00877 mg/L, hierro 7,96 mg/L y cinc 1.059 mg/L. Estos resultados evidencian la presencia de metales pesados en el área de estudio y en el futuro tomar decisiones ambientalmente sostenibles. Sobre todo en el caso del cadmio por ser tóxico.

**Palabras clave:** Ambiente, contaminación, evaluación, metales y río.

## ABSTRACT

The pollution of water by heavy metals is one of the most severe ecological problems at world level and especially in the southern high plateau of Peru. The subsequent pollution in the food chain is one the most critical ways to expose fauna and human population to heavy metals. In the region of Puno, the basin of the *Ramis* river which is a main affluent to the Lake Titicaca presents organic and inorganic pollution. The research work shows the pollution levels by heavy metals discovered through chemical analysis of the water in the research zone. The applied methodology is based on water samples, the characterization of the research zone affected by heavy metals was made through the assessment of five monitored places: the *Crucero* bridge and division *Limbani*, *Carlos Gutierrez* zone, *Catuyo Grande*, *Choquesani* and *San Anton* bridge. The assessment parameters were heavy metals in the water of the study area. The values of the heavy metals were higher than the permitted limits; in the case of cadmium it represents 0.00429 mg / L, 0,00040 mg/L; chromium 0.00841 mg/L; 0,00877 mg/L; iron 7,96 mg/L and zinc 1059 mg/L. These results show the presence of heavy metals in the area of study and there is the need to take better decision to have a sustainable environment, especially in the case of cadmium due to its high level of toxicity.

**Keywords:** environment, pollution, assessment, metals and river.



## INTRODUCCIÓN

El río Ramis se ubica en las provincias de Melgar y Azángaro y tocando parcialmente parte de las provincias de Sandia, Lampa, Huancané, San Román, San Antonio de Putina y Carabaya del departamento de Puno. Sus afluentes principales son los ríos Azángaro, San Antón, Crucero, Ananea y Antauta.

Los centros poblados más importantes ubicados en la cuenca del río Ramis son: Azángaro, Ayaviri, Pucará, Samán, Achaya, San Antón, Antauta, Crucero y Ananea. Sin embargo, las aguas residuales domésticas generadas son lanzadas sin tratamiento al cuerpo receptor. En el distrito de Ananea, se localiza (a 181 Km de Juliaca) la Unidad Minera San Rafael de la empresa minera MINSUR S.A. dedicada a la explotación de estaño.

En la cuenca alta se ubica la Corporación Minera Ananea S.A. conjuntamente con la presencia de minería informal de explotación del oro, lavaderos de oro abandonados y asentamientos humanos que arrojan los residuos sólidos a botaderos, principalmente en la localidad de Cerro Lunar (Rinconada) de modo que un gran volumen de vertimientos tiene que ser evacuado; algunos de ellos vierten directamente a la laguna Rinconada.

En las cuencas media y baja de esta cuenca los pobladores se dedican a la agricultura y la ganadería, quienes usan las aguas para regadío del río Ramis con un alto contenido de sólidos suspendidos, sufriendo las consecuencias de la contaminación generada en la cuenca alta.

La cuenca Ramis se ubica en la región Sureste del Perú, sector Norte de la vertiente del Titicaca, su altitud máxima es de 5 828 msnm, en el nevado de Ananea y la mínima es de 3 815 msnm en la estación hidrométrica del puente Ramis. Está conformada por las siguientes subcuencas: río Grande, río Azángaro, río Ayaviri, río San José y laguna de Arapa.

La sub cuenca del río Azangaro abarca una parte del río Ramis y el área de estudio fue en el tramo Crucero – San Antón y se encuentra localizada al norte de la ciudad de Puno.

La contaminación por metales pesados, se ha convertido en una amenaza para la salud siendo la fuente de contaminación la explotación minera, antropogénico, industrial, agropecuario y doméstico.

Los metales pesados pueden clasificarse en dos grupos, el primero, al que pertenecen elementos como Cu, Zn y  $\text{Cr}^{3+}$ , El segundo grupo está constituido por aquellos metales que no tienen un rol biológico conocido, pero sí una clara toxicidad, a él pertenecen, entre otros, As, Cd, y Pb, los cuales provienen como consecuencia de la actividad minera, cuyos efectos toxicológicos constituyen un serio riesgo para la salud humana y la ecología (Barbour, 2000).

A nivel mundial es evidente el incremento en el deterioro de la calidad del agua de los ríos. En los países en desarrollo el problema se agrava, ya que las fuentes de financiamiento son insuficientes, así como las opciones o los recursos tecnológicos para el monitoreo de la calidad del agua. Por otro lado, los datos obtenidos de las estaciones de monitoreo, generalmente son irregulares en tiempo y calidad, por lo que la información generada carece de confiabilidad al pretender generar estrategias para el adecuado manejo de los recursos acuáticos y para el control de la contaminación (Mustow, 2002).

El impacto que se nota con mayor relevancia en la cuenca del río Ramis, así según el informe del SER (2007), desde hace varios años, la explotación minera informal de Ananea y La Rinconada viene produciendo un grave daño ambiental en Puno, siendo los más afectados los pobladores que viven alrededor del cauce del río Ramis. En todo este tiempo, han sido muchas las movilizaciones, reuniones, comisiones y decretos emitidos alrededor de este tema, sin que se haya logrado obtener ningún resultado concreto.

## CAPÍTULO I

### REVISION DE LA LITERATURA

#### 1.1. Marco teórico

Se entiende por ecosistema a la unidad ecológica en la cual un grupo de organismos interactúa entre sí y con el ambiente en este sentido, de forma general podría hablarse de dos tipos básicos de ecosistema: acuáticos y terrestres (Roldán, 1992).

Los primeros se refieren a todas las interacciones entre los diferentes organismos del ecosistema, entradas, flujos de energía y zonas de ribera, mientras que los factores abióticos hacen referencia a variables climáticas, físico-químicos y biogeográficos que influyen el medio en el cual se desenvuelven los organismos acuáticos (Roldán, 1992).

Sin embargo, es importante resaltar que la propia dinámica fluvial podría ser la mayor responsable la biodiversidad de un lugar (Elosegi & Sabater, 2009).

La evaluación de la calidad del ambiente, en particular de las comunidades acuáticas, ha sido por tradición, desarrollada con base en métodos soportados por mediciones y determinaciones de las características físicas y químicas. Cuando se trata de estimar o determinar la calidad ambiental en general, son aplicados los procedimientos físico-químicos clásicos para denotar el grado de calidad o afectación del parámetro estudiado (Roldan, 1992).

Para complementar a los anteriores se recurre a métodos biológicos, basados en las comunidades de organismos acuáticos, ya que éstos reaccionan ante alteraciones en la calidad de las aguas cambiando su composición específica. Aportan una visión, no sólo

puntual, sino también histórica: así, el bentos fluvial es visto como una acumulación de la historia que afecta al tramo y aguas arriba (Margalef, 1983).

En efecto, las modificaciones del medio acuático producen un cambio en las comunidades de organismos, favoreciendo a ciertas especies y creando circunstancias intolerables para otras y, en definitiva, alterando la composición y estructura de dichas comunidades (García & González, 1986).

En general los índices de Calidad de las Aguas se han venido utilizando desde hace algún tiempo, con el propósito de simplificar en una expresión numérica las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua (Arce, 2006).

Dichos índices tienen como objeto la estimación de un número generalmente entre 0 y 1, que define el grado de calidad de un determinado cuerpo hídrico continental. El análisis de las comunidades requiere utilizar expresiones matemáticas sencillas, empleando para ello datos taxonómicos y de tolerancia, en general se utilizan tres tipos de índices o enfoques: de diversidad, sapróbicos e índices bióticos (Marrugan, 2004).

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 (León, 1992).

El monitoreo de un cuerpo de agua para detectar su grado de contaminación, conduce a obtener una inmensa cantidad de datos de varios parámetros, incluso dimensionalmente distintos, que hace difícil detectar patrones de contaminación. Horton (1965) y Liebman (1969). Un índice de calidad de agua, consiste básicamente en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros, los cuales sirven como una medida de la calidad del agua (Pratti, Pavanello & Pesarin, 1971).

El índice puede ser representativo por un número, por un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color. Su ventaja radica, en que la información puede ser fácilmente interpretada que una lista de valores numéricos. Consecuentemente, un índice de calidad de agua es una herramienta comunicativa para transmitir información (Universidad de Pamplona, 2006).

Si bien la formulación de los ICA (Índice Calidad de Agua) ha resultado muy significativa en el contexto ecológico y medio ambiental, sus falencias constituyen un

obstáculo importante para su aplicación, ya que al concentrarse en un único número la calidad de un cuerpo de agua, se produce una inmensa pérdida de información, y con ello, se enmascara la condición real y los cambios que se suceden sobre éste. Es importante recalcar lo anterior, puesto que se viene pretendiendo relacionar estos índices con indicadores biológicos de contaminación (Zúñiga, Rojas & Serrato, 1994).

No obstante, una calidad mala (por ejemplo menor a 0,5) no permite asociar la presencia-abundancia de una determinada especie o taxón, a un problema de contaminación como por ejemplo de tipo orgánico. Para lograr esto último, tendría que retornarse a la matriz de variables fisicoquímicas y observar el comportamiento de cada una de ellas, hecho que debilita la utilidad de los ICA (Ramírez & Viña, 1998).

ITCR (2000), emplearon una metodología, para la recolección de muestras. Ubicaron puntos en el cauce principal en los primeros 500 metros de la desembocadura de cada uno de los cauces secundarios donde se tomaron muestras durante un año. En los cauces secundarios, de acuerdo con los datos obtenidos y la ubicación de las comunidades participantes, lo muestrearon en el segundo año. Los parámetros determinados por ITRC (2000) fueron: temperatura, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales, pH, fosfatos nitritos y nitratos, residuos de plaguicidas. Los aspectos microbiológicos determinados fueron: coliformes totales y fecales. En cada punto de muestreo colectaron bentos de roca y sedimentos, los que se cuantificaron e identificaron a nivel de orden según los métodos y claves descritos en Water Quality Indicators Guide.

Se denomina metales pesados a aquellos elementos químicos que poseen un peso atómico comprendido entre 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg) y que presentan un peso específico superior a 4 (gr/cm<sup>3</sup>). Lo que hace tóxicos a los metales pesados no son en general sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden presentarse y más importante el tipo de especie que forman en un determinado medio.

Todos los metales pesados se encuentran presentes en los medios acuáticos, aunque sus concentraciones son muy bajas. Los compuestos orgánicos pueden constituir fases con gran capacidad de captura de cationes metálicos, que en ocasiones dan lugar a fases extremadamente tóxicas (ejemplo el metilmercurio). Dentro de los metales pesados importantes tenemos:

Be, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Ag, Cd, Sn, Sb, Hg, Tl, Pb, U y Hg.

En la actualidad se estima en más de un millón de sustancias diferentes las que son introducidas en las aguas naturales a través de los vertidos antropogénicos (Fórstner *et al.*, 1993).

Los problemas de contaminación de las aguas tienen su origen en la Revolución Industrial, hace aproximadamente unos 200 años y con un rápido aumento de la población mundial (Dekov *et al.*, 1998). La industrialización condujo a una urbanización muy localizada creando problemas en la calidad y en la cantidad del agua (Fórstner *et al.*, 1990; Vink *et al.*, 1999). El hombre abandonó el campo para trabajar en las nuevas fábricas alrededor de las cuales se crearon grandes ciudades densamente pobladas. El primer suceso para los problemas de la calidad del agua, se presentó con motivo de la contaminación fecal y orgánica por la falta de tratamiento de aguas residuales en zonas de alta densidad poblacional (Meybeck y Heimer, 1989; Vink *et al.*, 1999).

Por ello, las concentraciones de los metales pesados en las aguas están directamente relacionadas con las actividades humanas y descargas de efluentes, como también son función de las variaciones de caudal de ciertos vertidos puntuales que el río recibe.

Desde entonces, los esfuerzos para lograr la eliminación de los contaminantes generados por el hombre no han sido capaces de ajustarse ni al ritmo de incremento en la cantidad de desechos industriales, ni al crecimiento demográfico. Esto ha provocado a menudo la transformación de las aguas de ríos, lagos y costas en depósitos de residuos en los que el equilibrio natural está severamente perturbado y en muchos casos totalmente roto (Fórstner y Wittmann, 1981; Rovira, 1993).

Al contrario que muchos contaminantes orgánicos los metales pesados, generalmente, no se eliminan de los ecosistemas acuáticos por procesos naturales debido a que no son biodegradables (Fórstner y Prosi, 1979; Fórstner y Wittmann, 1981; Murray, 1996). Por el contrario son muy contaminantes y sufren un ciclo global eco-biológico, donde las aguas naturales son el principal camino (Nürnberg, 1984; Moalla *et al.*, 1998). Hoy en día los metales pesados tienen un gran significado como indicadores de la calidad ecológica de todo flujo de agua debido a su toxicidad y muy especialmente al comportamiento bioacumulativo (Purves, 1985; Moalla *et al.*, 1998).

Asimismo los metales pesados tienen tendencia a formar asociaciones, con sustancias minerales (carbonatos, sulfatos, etc.) y en mayor grado con sustancias orgánicas, mediante fenómenos de intercambio iónico, adsorción, quelación, formación de combinaciones químicas, etc., por lo que se acumulan en el medio ambiente, principalmente en los sedimentos de ríos, lagos y mares (Fórstner y Wittmann, 1981; Dekov *et al.*, 1998).

Estos elementos por otra parte, pueden pasar fácilmente de fases sólida y líquida de los sistemas acuáticos y viceversa, debido tanto a variaciones de los componentes bióticos como abióticos, lo que hace que los sedimentos no sean compartimentos estancos de metales. Pueden resolubilizarse por distintos fenómenos y así (generalmente en formas químicas diferentes) son directamente incorporados por el hombre, o bien llegan indirectamente hasta él a través de la cadena trófica.

Las altas concentraciones de metales pesados en las aguas de corrientes fluviales asociados a sulfuros tales como el As, Cd, Cu, Pb y Zn pueden atribuirse a la minería y son causa del fuerte impacto en el medio ambiente (Salomons, 1995). En cambio, otros metales no-sulfurosos como el Cr, Ni y Hg posiblemente indican una contaminación antropogénica de metales pesados que están estrechamente asociados con las descargas industriales (Nelson y Lamothe, 1993).

## 1.2. Antecedentes

Un análisis publicado por el Perú Support Group (2007), señala que no obstante la historia larga que tiene extracción minera en el Perú, las inversiones en este sector se incrementaron rápidamente desde años de la década de los 90's, luego de las reformas políticas introducidos por el gobierno de Alberto Fujimori; según esta fuente entre 1990 – 1997, las inversiones en exploraciones mineras, se habían incrementado a nivel mundial en 90%, algo de cuatro veces en Latinoamérica y en veinte veces más en el Perú.

Para el año 2003, la minería constituía 57% de todas las exportaciones del Perú, como resultado de la inversión extranjera directa en este sector, entre el 2001 y el 2003 que totalizaba algo del 37%. Un correlato de esta importancia según el Perú Support Group (2007) es que las concesiones mineras durante los 90's se incrementaron de 4 millones a 16 millones de hectáreas afectando a finales de aquella década un promedio del 55%,

de las comunidades campesinas del Perú, es decir un algo de seis mil comunidades ubicadas dentro de la zona de influencia por la actividad minera.

La Defensoría del Pueblo (2007), al analizar el caso de la minería Majaz en Alto Piura, demostró que la minería Peruana incluía deficiencias crónicas en la normatividad de la exploración y explotación minera, argumentado que tales deficiencias socavan los derechos de los ciudadanos y civiles estipulados en La Constitución y las Leyes peruanas, afectando particularmente a la población rural que constituye el segmento más vulnerable.

Según el Banco Mundial (2000), la pobreza debe ser entendido en tres dimensiones, oportunidad económica (esencialmente ingresos), seguridad humana (vulnerabilidad económica, social y medio ambiental) y el empoderamiento (autoestima, participación y libertad de expresión), consecuentemente la reducción de la pobreza implica el mejoramiento de oportunidades, seguridades y el poder de decisión de la población rural afectada por la minería. Esta concepción coincide en gran extensión con la noción del desarrollo como libertad, del premio Nobel Amartya Sen (1984) para quien el desarrollo implica la promoción de mayores libertades para el poblador común: la libertad de aflicciones (hambre, violencia, falta de abrigo, inseguridad) y libertad para gozar de la plenitud de las capacidades (palabra, expresión, creatividad, participación en la vida social y política); estas libertades son entendidas alternativamente tanto como causas o indicadores del desarrollo de un buen gobierno participativo en respuesta a las preocupaciones de los pobladores, tal que redundara en la reducción y aun la eliminación de la pobreza.

Ferro (2009), al referirse a la contaminación hídrica causada por actividad minera informal ubicada en los alrededores del distrito de Ananea – Puno, concluye que el impacto negativo sobre las aguas del Río Ramis se hace evidente por la colmatación de las tomas y canales de riego que inciden en la calidad disminuida de los productos agropecuarios; haciendo notar además la inexistencia de la gestión integral de los recursos hídricos por la ausencia de espacios de concertación.

El Estado peruano promulgó, en julio del año 2004, la Ley N° 28271, que regula los Pasivos Ambientales de la actividad minera, definiéndolos, en su artículo 2°, como "aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un



riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad". [www.fonamperu.org](http://www.fonamperu.org).

Durante la explotación minera se produce contaminación del agua superficial y subterránea, de la atmósfera y del suelo. En la etapa de excavación de extracción y procesamiento metalúrgico del mineral, se produce desmonte de mina (rocas sin interés económico) y minerales desechados, que se acumulan en botaderos y canchas para su posterior tratamiento; estos productos minerales que contienen azufre, en contacto con el agua superficial engendran agua ácida, que circula por la superficie o se infiltra contaminando las aguas subterráneas y los suelos y rocas" (Soto *et al.*, 2005).

Por cerca de 500 años el brillo del oro ha atraído a los pobladores a la Rinconada, primero los Incas y luego los Españoles (BBC, 2004).

En las operaciones mineras en Ananea se han establecido varias organizaciones mineras dedicadas a la extracción del oro bajo diversas modalidades. Cala (2006) en un informe dirigido al Jefe nacional del Proyecto GAMMA – COSUDE, incluye un listado de las cooperativas mineras: Halcón de Oro, Municipal, San Juan de Dios, Estrella de Oro, El Dorado, San Antonio de Poto y San Santiago de Ananea.

Lasat (2000), define los metales pesados como elementos con propiedades metálicas (ductilidad, conductividad, estabilidad catiónica, especificidad de ligazón, etc.) y número atómico  $>20$ . Los metales pesados contaminantes más comunes según Lasat son Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, y Zn, que en suma son componentes naturales del suelo y se tornan en contaminantes como resultado de las actividades industriales como la minería y la fundición de minerales, tubos de escape de vehículos, la producción de energía y combustibles, la aplicación de fertilizantes y pesticidas y la generación de desechos de las ciudades.

Evanko y Dzombak (1997), al referirse al efecto de las características del suelo en la movilización de los metales contaminantes mencionan entre las propiedades químicas importantes la presencia de aniones inorgánicos (carbonatos, fosfatos, sulfitos) en el agua del suelo que determinan la habilidad del suelo para fijar químicamente los metales, formando complejos relativamente insolubles con los iones metálicos, causando por esto la desorción y precipitación de los metales en su presencia. Por otra parte respecto al pH del suelo sostienen que los valores del pH en el suelo varían

generalmente entre 4.0 y 8.5 con un efecto buffer por Al a pH bajo y del  $\text{CaCO}_3$  a pH alto; siendo los cationes metálicos más móviles bajo condiciones acidas mientras que los aniones tienden a adsorberse a los óxidos minerales bajo condiciones de pH alto, los cationes se precipitan o se adsorben a las superficies minerales y los aniones metálicos son movilizados.

Scott y Boyd (2002), refieren la existencia de seis hipótesis para explicar las concentraciones inusualmente elevadas de metales en los tejidos de especies de plantas hiper acumuladoras:

- La hiperacumulación es un mecanismo de tolerancia a los metales, las plantas evaden la toxicidad de los metales secuestrando e inmovilizándolas en las paredes celulares o vacuolas, alejándolas de los compartimientos celulares activos.
- La hiperacumulación es un mecanismo de remoción, mediante el cual las plantas remueven los metales desde su zona radicular y los emplazan en las partes de la planta que sufren un proceso de decaimiento o que eventualmente son quemadas, o son transportadas a las hojas desde donde son lavadas por la lluvia.
- Son un mecanismo de la planta que incrementa la resistencia a sequías, mediante una regulación osmótica, evidenciada por el Níquel contenido en las paredes celulares de las células epidérmicas.
- Es un mecanismo de competencia, que impide el desarrollo de otras plantas mediante la acumulación de metales en la rizósfera próxima a la superficie del suelo por la especie hiperacumuladora.
- Constituye una asimilación casual, en cuyo caso la hiperacumulación del metal genera un producto fisiológico secundario de un mecanismo que tiene una función adaptativa diferente.
- La hiperacumulación funciona, como un mecanismo de protección de la planta contra los herbívoros incluyendo los patógenos.

Sin embargo, según estos autores existe una evidencia experimental muy pobre para confirmar la mayoría de las hipótesis referidas. No obstante, que señalan a las plantas terrestres como más efectivas que las plantas acuáticas, debido a que desarrollan un

sistema radicular fibroso extenso que facilita la interacción en la construcción de humedales para el tratamiento costo/efectivo de aguas servidas. Funciona como una forma de Rizofiltración.

DREM (2001), Los informes de exámenes especiales de verificación de actividades a las zonas de Chaquiminas y Pampa Blanca de Centromin Perú S.A. realizadas por la Dirección Regional de Minería – Puno (DREM PUNO) en varias oportunidades según la documentación existente dan cuenta del impacto aparente de la minería sobre pastizales y zonas agrícolas por la erosión eólica e hídrica de los desmontes y relaves no cohesionados que son arrastrados por las aguas a los cursos y fuentes de agua mas bajas, reduciendo la capacidad de almacenamiento de las lagunas, causando una sedimentación de material fino en los cursos de agua y áreas adyacentes donde se compactan afectando la flora acuática y terrestre y ocasionando la migración de la fauna a otros áreas y el traslado de los rebaños de camélidos. El mismo reporte de la DREM – Puno, señala que los análisis químicos de las aguas mostraban una alta concentración de sólidos en suspensión, que rebasa los límites máximos permisibles (LMP), igualmente un pH, y una concentración de Mercurio, Hierro, Arsénico, Plomo por encima de los LMP. En cuanto al análisis de la concentración de Cianuro no se reportan resultados como se indicó previamente por no contar la región con un laboratorio para procesar este elemento.

Una de las conclusiones más relevantes del Perú Support Group (2007), es que la minería debe ser planificada en forma conjunta con el manejo y desarrollo del recurso agua y que este proceso requiere una concepción y planeamiento estratégicos que no son considerados actualmente en los procedimientos de aprobación de los proyectos mineros.

Los efectos del estado del tiempo son el resultado de las precipitaciones pluviales que actúan como trasportadoras potenciales de contaminación desde el sitio de las operaciones mineras a los poblados y propiedades agropecuarias localizadas en las partes más bajas. Los vientos son otro medio de transporte aerosoles, usualmente en la misma dirección que los cursos de agua.

La Universidad Nacional del Altiplano, Puno y la Universidad Montana Tech, USA (2003), encontraron en muestras de tejidos de *Basilichthys bonaerensis* (pejerrey), que tres especímenes del Lago Titicaca, exceden los estándares de la Environmental

Protection Agency (EPA) americano para el consumo humano (0.3 mg/g de Hg). La mayor concentración fue de 0.42 mg/g que está cerca del límite de 0.5 mg/g adoptado por la mayoría de los países para el consumo humano.

PELT (1999), realizó investigaciones referidas a la contaminación del Lago Titicaca y sus afluentes encontrando como resultados para la sub cuenca del río Ramis (Puente Samán) en muestras de agua para determinar los elementos pesados las siguientes concentraciones: As = 12.54 mg/l; Cd = < 0.24 mg / l; Cr = 5.41mg/l; Ni = 2.61 mg/l; Pb = 0.99 mg/l; Hg = 0.51 mg/l; los cuales superan los Límites Permisibles establecidos por los estándares internacionales.

Investigadores de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (1999), determinaron en muestras de agua para el Lago Titicaca – desembocadura del río Ramis que el plomo (0.014 mg/l) se encuentra por encima del límite permisible según los valores guía de US/EPA (0.0058 mg/l) referida para metales totales, mientras los elementos Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Hg y As se encuentran por debajo de los límites permisibles. En sedimentos se determinó ciertos rangos para el As = 17.2 – 16.3 mg/kg; Cd = 2.1 – 2 mg/kg; los cuales se encuentran dentro de los niveles más bajos de toxicidad considerados por la OMEE (6-33 mg/kg para As y 0.6 – 10 mg/kg para Cd). En vegetación, la concentración correspondiente a Schoenoplectus totora muestra valores de Fe = 935.2 mg/kg; Mn = 2569 mg/kg; Pb = 14.7 mg /kg; B = 22911 mg/kg y Al = 8687 mg/kg; en Elodea potamogeton para el As se obtuvo 122.5 mg/kg. Estas concentraciones sobrepasan los valores referenciales para plantas que sin embargo no se observan efectos tóxicos.

La Dirección de Estudios del PELT (2004), en base a estándares utilizados en el país, establece los límites máximos permisibles para el contenido de metales en aguas de la cuenca del lago Titicaca, según se describen a continuación;

Tabla 1

*Límites máximos permisibles (mg/L) de metales en aguas utilizables son diversos fines*

Metal	Agua potable (1)	Agua potable (2)	Agua potable (3)
Mercurio (Hg)	0.002	0.002	0.01
Cadmio (Cd)	0.01	0.01	0.05
Plomo (Pb)	0.05	0.05	0.1
Arsénico (As)	0.1	0.1	0.2
Hierro (Fe)*	2	2	2
Cobre (Cu)	1	1	0.5

Fuente: \* Estudios 2007.

- (1) Suministro de agua potable con simple desinfección
- (2) Suministro de agua doméstica con tratamiento equivalente a procesos combinados que involucran mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.
- (3) Agua de irrigación para vegetales y agua potable para abrevamiento de animales.

Los resultados y gráficos correspondientes de los estudios realizados para determinar el contenido de metales pesados en la cuenca del Titicaca por el PELT, durante los años del 2004 y 2007, se resumen a continuación en forma individualizada por elementos tomando como referencia los datos y gráficos incluidos en el apéndice (cuados 1 - 8 del Apéndice y sus gráficos correspondientes).

El contenido de mercurio en los cuerpos de agua conexos a las minas de la Rinconada (Ríos Crucero, Azangaro, Saman) y (Putina - Huancane) muestran en forma invariable un nivel de 0.4 mg/L y aquellos fuera de esta área (Río Pomahuasi, Coata, Ilave) valores variables entre 0.057 a 0.356 mg/L. En todos los casos superando el límite máximo permisible incluso para aguas de irrigación de 0.01 mg/L (PELT, 2004).

El contenido de cadmio, en los estudios reportados por el PELT, para las aguas de la cuenca del Titicaca, varía entre límites no detectables (0) en el Río Azángaro y otros hasta 0.009 mg/L en el Río Ananea, en ninguno de los casos supera el límite máximo permisible de 0.05 mg/L, para las aguas utilizables con fines de irrigación, estos valores ligeramente incrementados (0.008 – Río Azángaro a 0.038 – Río Ananea, Crucero) se mantienen para las muestras de aguas durante la época de estiaje, es decir Junio 2007 en la misma cuenca. Contrariamente en los muestreos realizados al final de la estación de lluvia (Marzo 2007) las concentraciones a lo largo de la cuenca del Río Ramis, desde Lunar de Oro hasta su desembocadura en el lago, muestran una concentración de 0.530 mg/l que excede largamente el Límite Máximo Permisible para aguas de consumo humano (0.05 mg/L) y de regadío (0.1 mg/L) (PELT, 2004, 2007).

DIGESA (2008), Los resultados de los estudios de monitoreo realizados muestran una concentración importante de AS, Fe, Mn y Pb en las estaciones de muestreo de la Laguna Sillacunca y Lunar de Oro, en esta última además Zn, que sobrepasan los Límites Máximos permisibles de las Normas del Ecuador (NATAE) o los valores Límites Permisibles para la fauna acuática (clase IV) de la Legislación Peruana.

Muestran mayor prevalencia las concentraciones de Hierro (notable en Río Ananea, Río Grande 5, Río Grande 6 y el Río Azangaro) e igualmente el Manganeseo que se encuentra en toda la cabecera de la cuenca entre Sillacunca hasta Río Crucero y Chogñacota, con niveles que exceden las normas Ecuatorianas.

En la cuenca alta se ubica la Corporación Minera Ananea S.A. conjuntamente con la presencia de minería informal de explotación del oro, lavaderos de oro abandonados y asentamientos humanos que arrojan los residuos sólidos a botaderos, principalmente en la localidad de Cerro Lunar (Rinconada) de modo que un gran volumen de vertimientos tiene que ser evacuado; algunos de ellos vierten directamente a la laguna Rinconada. En las cuencas media y baja de esta cuenca los pobladores se dedican a la agricultura y la ganadería, quienes usan las aguas para regadío del río Ramis con un alto contenido de sólidos suspendidos, sufriendo las consecuencias de la contaminación generada en la cuenca alta (DIGESA, 2008).

Gammons *et al.*, (2006), luego de un análisis extenso de las aguas del Río Ramis desde la cabecera de cuenca hasta su desembocadura en el Lago Titicaca, encontraron que el pH del agua en las inmediaciones de la laguna Lunar de Oro, eran extremadamente ácidas ( $\text{pH} < 3.80$ ) y con valores similares próximos en el punto de descarga del Riachuelo Cecilia ( $\text{pH} 5.09$ ); atribuyendo estos valores al alto contenido en azufre de los minerales portantes del oro (pyrrholita, piritita, galena, chalcopirita, y otros), asimismo estos investigadores encontraron que contenido de mercurio recuperable en las aguas de la laguna Lunar de Oro era considerablemente alta ( $260 \text{ ng l}^{-1}$  a  $81 \text{ ng l}^{-1}$ ), decreciendo luego a unos  $0.45 \text{ ng l}^{-1}$  en el afluente de la laguna Rinconada. (Inicio del Río Ramis o Río Grande) siguiendo luego con esta tendencia de baja concentración en los tramos siguientes hasta niveles límites mínimos de detección ( $34 \text{ ng l}^{-1}$ ) hasta la confluencia del Riachuelo Cecilia donde se registró la más alta concentración de mercurio ( $375 \text{ ng l}^{-1}$ ) disminuyendo luego nuevamente hasta los límites detectables ( $34 \text{ ng l}^{-1}$ ) a partir de Crucero hasta la desembocadura del Río Ramis en el Lago Titicaca.

Gammons *et al.*, (2006), reportan que las concentraciones de metales pesados (Cu, Pb, Zn) fueron relativamente bajos en las aguas ácidas de los afluentes de cabecera del Río Ramis, hasta la confluencia del Riachuelo Cecilia, un tributario que descarga unos 5 litros por segundo al Río Grande (Ramis) con altos contenidos de Pb( $103 \text{ ng l}^{-1}$ ), Cd ( $268 \text{ ng l}^{-1}$ ), Mn( $21 \text{ ng l}^{-1}$ ), Fe( $46 \text{ ng l}^{-1}$ ), y Zn( $104 \text{ ng l}^{-1}$ ), haciendo notar que el alto

contenido de Zn, significa una descarga de unos 500 Kg por día a las aguas del Ramis excediendo largamente los estándares de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EUA. Igual que las concentraciones de Pb, Cd, y Hg. Adicionalmente la comparación de la concentración de estos metales en muestras filtradas y no filtradas mostró que una fracción significativa del contenido total del Al, As, Cu, Fe, P y Pb se encontraba en forma de partículas, mientras que el B, Cd, Mn, y Zn se transportaban mayormente en forma disuelta. Sin embargo, estas altas concentraciones de metales, se atenuaban gradualmente hasta la desembocadura del río Ramis en el Lago Titicaca, presumiblemente por la adsorción de las arcillas u otras superficies sólidas, precipitación de minerales o co-precipitación y la absorción biológica; pudiendo esperarse cambios e épocas de mayor descarga del río.

Gammon *et al.*, (2006), concluyen la existencia de concentraciones elevadas de mercurio en los tejidos de los peces de consumo humano, pejerreyes y carachi del Lago Titicaca, pero que no pueden ser atribuidos directamente a la contaminación minera de las aguas del Río Ramis, por los niveles bajos de mercurio que contienen sus aguas antes de desembocar al Lago Titicaca durante la época de descarga mínima, recomendando realizar mediciones durante las épocas de descarga máxima.

La Universidad Nacional del Altiplano, Puno y la Universidad de British, Columbia – Canadá (1988), determinaron que la totora tiende a concentrar mayor cantidad de contaminantes en las raíces seguido por el tallo y finalmente el rizoma. Los niveles encontrados en el tallo son: Cu = 5.9 mg/kg; Mn = 18.3 mg/kg; Zn = 6.2 mg/kg; Pb = 9.5 mg/kg; Cr = 11.8 mg/kg; Fe = 5.6mg/kg. Así mismo, la totora es muy resistente a cualquier tipo de contaminación y es capaz de eliminar una gran cantidad de metales y otros agentes contaminantes del agua.

DREM, INRENA y MINSa de Puno (2001), indican que la vegetación natural expuesta a metales pesados puede incluir toxicidad, captación y bioacumulación, ya que esta vegetación sirve de alimento para los animales pudiendo impactar en los procesos metabólicos, inducir cambios fisiológicos e incrementar la susceptibilidad a las enfermedades. Estos pueden ser biológicamente magnificados en la cadena alimenticia ya que el hombre y animales mayores, se contaminarán ingiriendo animales afectados.

Lewander (1996), plantaron *Myriophyllum verticillatum* y *Potamogeton pectinatus* en sedimento contaminado y no contaminado para averiguar si el Cd, Pb y Zn eran



absorbidos por los retoños o raíces. Después de 6 semanas de exposición las plantas acumularon metales pesados principalmente por las hojas expuestas al agua; obteniendo concentraciones crecientes de Pb río abajo, así como de Cd y Zn. Sin embargo las concentraciones de Zn en *M. verticillatum* aumentaron un grado más de lo que hizo *P. pectinatus*.

Samecka (1998), en un estudio sobre las concentraciones de metales pesados en briofitas acuáticas (*Fontinalis antipyretica*, *Platyhypnidium rusciforme* y *Chiloscyphus* sp.) de un arroyo que posee elevados niveles de Cu, Zn, Sr, V, Ni y Co, se determinó que las especies están en correlación con la composición química del agua y que estos niveles elevados causaron perturbaciones posiblemente en el equilibrio iónico por el exceso de Mg respecto a Ca en el agua.

La cuenca del río Ramis está siendo contaminada progresivamente, afectando directamente a los distritos de la cuenca Ramis desde su origen en la Laguna de Sillacunca (Ananea), pasando por Crucero, San Antón, Azangaro, Calapuja, Achaya, Caminaca (todos afectados por los relaves mineros) hasta llegar al lago Titicaca, ocasionando perjuicios a los agricultores y regantes. Todos estos hechos han generado enfrentamientos entre los mineros, agricultores y la población aledaña a las riberas del río. Como parte del estudio geo ambiental de dicha cuenca, se realizó la evaluación de la calidad de las aguas superficiales (Zavala y Guerrero, 2006).

Guerrero y Zavala (2006), inventariaron los pasivos ambientales generados por la actividad minera, para determinar su probable influencia en las aguas. Muestrearon y analizaron aguas y sedimentos superficiales en las cercanías a las minas en actividad y/o abandonadas. La mayoría de las muestras exceden los valores límites en nitratos; en las muestras tomadas alrededor de la Mina San Rafael, en la confluencia de la quebrada que vierte sus afluentes al río Trapiche, se detectó un valor bajo de pH, y alto en manganeso; en las quebradas Yanamayo y Cacanuasipala se presentaron valores altos en sulfatos, producto de la actividad minera y terrenos ricos en yeso; y en una muestra en el río Crucero, se detectó un alto contenido de hierro (1,40 mg/l).

En el estudio que realizó el Ministerio de Energía y Minas estudio base para la construcción de un dique (Muro de contención) en la parte baja de la cuenca en su línea base reportó concentraciones por encima de los límites permitidos (USEPA-USA): Cadmio, mercurio y plomo.



### **1.3. Modelo matemático unidimensional HEC – RAS**

#### **1.3.1. Características generales**

El modelo matemático Hec – Ras es un software ampliamente usado en ingeniería para la modelación unidimensional de flujos, transporte y procesos morfológicos de erosión, Es de fácil acceso, presenta facilidad para la introducción y representación de datos, ya que está desarrollado bajo un entorno Windows. La versión que se usa para este modelo es VERSION 5.

#### **1.3.2. Modelo hidrodinámico**

El modelo hidrodinámico constituye el núcleo principal del sistema de modelación, es la base para los demás modelos, está basado en la ecuación de conservación de la energía, expresada en términos unidimensionales, con la pérdida de energía calculada con la ecuación de Manning.

La finalidad del modelo hidrodinámico es comprobar el funcionamiento de la bifurcación para las dos topografías disponibles complementándolas con secciones del río crucero hasta la parte de San Antón.

#### **1.3.3. Modelo de flujo permanente**

##### **Geometría**

Para el caso de la topografía del proyecto de investigación representada por secciones transversales con una separación promedio de 100 m, obtenidas mediante el AutoCAD Civil 3D y exportadas a Hec – Ras. La topografía del río crucero dividida en 5 tramos desde Crucero hasta San Antón.

##### **Condiciones de frontera**

Una vez que se tienen los datos geométricos, se ingresa los datos para flujo permanente, que son las condiciones iniciales del sistema a ser analizado.

Frontera aguas arriba: la frontera superior de la zona a modelar se localizó 1.5 km antes de la población de crucero.

Frontera aguas abajo: se localizó después de la población de San Antón.

### **Coefficiente de rugosidad**

La rugosidad constituyo el principal parámetro de calibración durante la modelación hidrodinámica. Para obtener el coeficiente de rugosidad de Manning, se hace uso de la topografía y de las mediciones de gasto y elevación de secciones intermedias y se utilizó el coeficiente de rugosidad adecuado es 0.014 y este es el que se aplica para el resto de los análisis, tanto para el modelo unidimensional como el bidimensional.

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1. Planteamiento del problema

En la parte alta de la zona de Rinconada, encima de 5000 msnm, se encuentra el nevado Ananea que drena hacia las cuencas del Atlántico y del Titicaca. Hay yacimientos tipo manto en la zona alta, y depósitos aluviales y fluvio-glaciares auríferos (placeres auríferos), en la parte baja.

La cuenca nace en la quebrada del cerro Lunar y en la laguna Rinconada, estando el Sistema Hidrográfico constituido por el río Grande-Crucero-Ayaviri Azangaro - Ramis, siendo el mismo río que va tomando diferentes nombres de acuerdo al área geográfica. El río Ramis desemboca en el lago Titicaca.

Los poblados en el entorno de la cuenca del río Carabaya desde su nacimiento hasta el lago Titicaca son los siguientes: Rinconada, Ananea, Crucero, San Antón, Carmen, Progreso, Pucará, Ikasio, Azángaro, Tirapata, Calapuja, Achaya y Caminaca.

La Zona Aurífera de Puno comprende un área de 6,738 Km<sup>2</sup>. Estando concentrada la actividad minera en el nevado de Ananea principalmente y en San Antonio de Poto (Ananea).

Los yacimientos en mantos son: Gavilán de Oro, Untuca, Ana María y la Rinconada. Los yacimientos en vetas son: Quince Mil, Manco Cápac, Benditani y Santo Domingo. Los yacimientos en placer son: San Antonio de Poto (Ananea) y Ancocala.

Las minas en explotación y abandonadas dentro de este yacimiento son: Lunar de Oro, Ana María, La Rinconada y Untuca. Entre la laguna Rinconada y el nevado de Ananea,

existen aproximadamente 5,000 mineros en la zona de Cerro Lunar y 15,000 mineros en la zona de Rinconada. Estos mineros artesanales trabajan en áreas donde existen derechos de terceros, la complejidad actual de sus actividades se ve amparada en el consentimiento del titular expresado en diversas modalidades de acuerdo a que garantizan los beneficios económicos de este.

Estos acuerdos son tanto informales, como formales, como es el caso de la Rinconada donde los "contratistas" trabajan bajo un contrato formal de locación de servicios con la "CORPORACION ANANEA", no obstante, no todos los "Contratistas" están amparados por estos contratos ni los términos de estos documentos son los que rigen en la realidad.

La minería informal en la región de Puno es una actividad económica que consiste en la explotación de minerales como el Oro y otros metales sin control ni regulación social provocando grandes daños ambientales y de salud ya que los relaves producidos son evacuados hacia los cauces de los ríos más cercanos provocando muertes de las especies presentes en ellas, así como efectos nocivos en las personas y animales que hacen uso en su trayecto (Zavala & Guerrero, 2005).

El mayor problema es la contaminación ambiental generado por la minería informal es el uso exagerado e inadecuado de reactivos químicos para la extracción de oro que altera a la flora y fauna. La contaminación de la cuenca Ramis está siendo afectado progresivamente por los vertimientos de aguas contaminadas que se realizan sobre los ríos tributarios y de manera directa en las orillas. Los principales tipos de agua residual son de origen doméstico (agua residual urbana) y las aguas residuales producidas por la actividad minera informal (agua con elevadas cargas de metales pesados).

La contaminación por metales pesados es de tipo puntual en muchas de las cuencas tributarias. El problema es más agudo en la cuenca del río Ramis (sector Crucero- San Antón), sin embargo, es necesario evaluar los niveles de contaminación, lo cual daría conocimiento sobre su efecto en la progresiva contaminación del de la cuenca y finalmente el lago Titicaca.

### **Problema científico**

¿Cómo influye la contaminación por metales pesados en el agua del río sector Crucero San Antón - Puno?

## 2.2. Preguntas problema

### 2.2.1. General

¿Cuál es nivel de contaminación del agua por metales pesados en el rio del rio sector Crucero San Antón - Puno?

### 2.2.2. Específicas

- ¿Cómo está el grado de contaminación del agua por metales pesados en base a una caracterización del rio sector Crucero San Antón – Puno.
- ¿Cómo se presenta su interpretación de la concentración de metales pesados mediante un Software del rio del rio sector Crucero San Antón - Puno?

## 2.3. Justificación

El lago Titicaca tiene condiciones excepcionales de belleza natural y única en el mundo, tiene una importancia arqueológica y antropológica, además de la particularidad de sus ecosistemas relacionados con el mayor cuerpo de agua a una altitud superior a los 3800 msnm. Este ecosistema presenta una fauna acuática propia de la zona, así como una avifauna diversa y con numerosas especies endémicas. Su flora, que aporta con la Totora un elemento central de los ecosistemas del lago, junto con la fauna, estos constituyen recursos de importancia socioeconómica para la población.

La contaminación de los ríos afluentes al lago Titicaca son problemas constantes que generan conflictos sociales, por lo que el presente trabajo permitirá conocer la concentración de metales pesados en sector Crucero – San Antón del rio Ramis y su interpretación de los mismos en un software HEC RAS.

Los análisis químicos nos permitirán conocer si los metales se encuentran por debajo o encima de los estándares nacionales y conocer el grado de contaminación del rio.

El presente trabajo de caracterización de la calidad del agua es un área de investigación importante debido a los potenciales efectos negativos que estas sustancias producen sobre la salud pública y el medio ambiente.

## 2.4. Objetivos

### 2.4.1. Objetivo general

Realizar la cuantificación del contenido de metales pesados en el agua e identificar su contaminación y su interpretación en HEC RAS del río Ramis sector Crucero- San Antón.

### 2.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de metales pesados en el agua del río Ramis en el sector Crucero- San Antón y evaluar la contaminación del río.
- Realizar la caracterización en base a las concentraciones de metales en el agua del río Ramis sector Crucero San Antón y su aplicación en HEC RAS.

## 2.5. Hipótesis

### 2.5.1. Hipótesis general

La cuantificación del contenido de metales pesados en el agua e identificar los niveles de concentración permitirá conocer si la contaminación está por encima de los niveles permisibles y la normativa vigente en el río Ramis sector Crucero- San Antón.

### 2.5.2. Hipótesis específicas

- Analizar las concentraciones de metales en el agua y evaluar la contaminación del río Ramis sector Crucero- San Antón permitirá determinar la contaminación ambiental de la zona.
- Comparar la concentración de los metales pesados en el agua del río Ramis sector Crucero- San Antón y su interpretación en un Software HEC RAS.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. **Ámbito de estudio**

##### 3.1.1. **Ubicación**

El alcance de la presente investigación se circunscribe a realizar la evaluación del agua del río de la sub cuenca del río Crucero. Exactamente entre Crucero y San Antón. A partir de la caracterización de metales en muestras en agua.

El modelamiento ambiental del área de estudio permite conocer los niveles de contaminación de la zona.



*Figura 1.* Área de Estudio de la Sub Cuenca del Río Crucero San Anton

En el siguiente cuadro representa los códigos de los puntos de muestreo y en la siguiente figura se presenta el mapa de la zona de estudio con los puntos respectivos.

Tabla 2

*Código de los puntos de muestreo*

Código	Punto	COORDENADAS		
		UTM WGS84 19L		ALTITUD (msnm)
		ESTE (m)	NORTE (m)	
PM1	Pte. Crucero	391545	8411142	4142
PM2	Zona Carlos Gutierrez	373985	8416554	4093
PM3	Zona Ccatuyo Grande	364053	8404909	4047
PM4	Zona Choquesani	363981	8395408	4013
PM5	Pte. San Ánton	357497	8387357	3958

Fuente: Alvarez (2018).

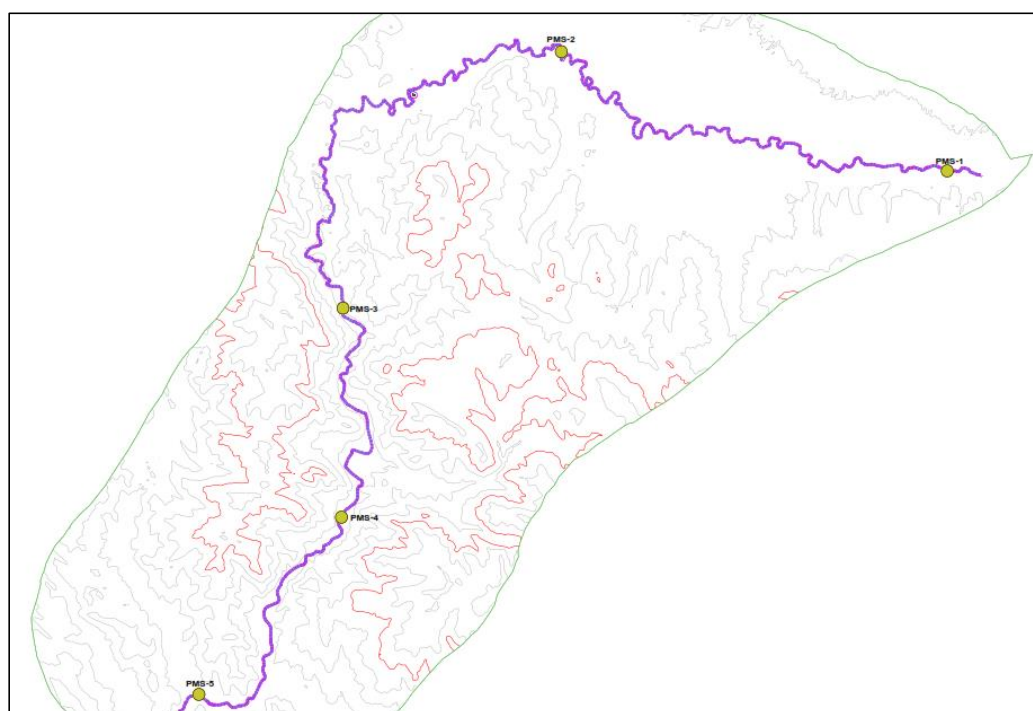


Figura 2. Mapa de ubicación de puntos

### 3.1.2. Consideraciones del río Ramis

Ananea está ubicado en los Andes Centrales a 4160 msnm, en el flanco oriental al sur de Perú, en la provincia de San Antonio de Putina región Puno.



El río Ramis es el río más largo de la cuenca del Titicaca. Nace en las cercanías del nevado Ananea Grande y la laguna La Rinconada a 5828 msnm, con el nombre de río Carabaya. Durante su recorrido recibe diversos nombres de acuerdo al lugar.

Cerca al lugar denominado Progreso, recibe el aporte del río Quenamari, formando el río Azángaro. Aguas abajo éste confluye con el río Pucará y pasa a llamarse río Ramis por 32 kilómetros hasta su desembocadura en el lago Titicaca, pero desde su nacimiento hasta la desembocadura en el Titicaca, recorre 299 kilómetros aproximadamente.

### **3.2. Metodología**

#### **3.2.1. Evaluación de calidad de agua en el río**

Contemplando un programa de toma de muestras de tipo estacional. En las aguas se determinaron los contenidos de metales en el río Crucero.

Se seleccionaron sitios de muestreo representativos y se ubicaron los puntos para el muestreo de los componentes físico-químicos a lo largo del curso del río Crucero identificando las diversas actividades antrópicas en el área de estudio y a lo largo del cauce principal.

### **3.3. Muestreo de metales pesados**

Los muestreos se realizaron de manera aleatoria, con doble repetición. Estas muestras se tomaron al azar, disponiéndolas en envases de plástico previamente lavados in situ y rotulados adecuadamente. Para transportar las muestras al laboratorio se utilizó un conservador de “plastoform” manteniéndose aproximadamente a 4° C. Se tuvo el cuidado respectivo mediante la cadena de custodia. Al llegar las muestras al laboratorio se conservarán a la misma temperatura en un refrigerador hasta ser procesadas. Los análisis se realizaron en el Laboratorio Analíticos del Sur de Arequipa.

#### **3.3.1. Procedimiento analítico**

Los análisis se realizaron según los procedimientos del laboratorio LAS (Laboratorios Analíticos del Sur), para la determinación de metales pesados en agua se utilizó el método:

Método de ensayo Aplicado

- 783 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-AES, revisión 4.4.

### **3.4. Diseño estadístico**

Se considerará la evaluación de metales en sedimentos para el modelamiento ambiental de las concentraciones del río en el área de estudio. Los muestreos se realizaron de manera aleatoria; La concentración de metales pesados se da en miligramos/litro (mg/L) de las muestras recolectadas. Para el presente trabajo el modelamiento ambiental se realiza en base al paquete estadístico de HECRAS 5.

### **3.5. Puntos de muestreo**

Para el diagnóstico físico químico de aguas se ha zonificado la cuenca del río Ramis en el sector Crucero – San Antón en cinco escenarios:

- PM1 (Punto N° 1 de muestreo) = Puente Crucero
- PM2 (Punto N° 2 de muestreo) = Zona de Carlos Gutierrez
- PM3 (Punto N° 3 de muestreo) = Ccatuyo Grande
- PM4 (Punto N° 4 de muestreo)= Choquesani
- PM5 (Punto N° 5 de muestreo) = San Antón

#### **3.5.1. Muestreo y análisis de agua**

El propósito de un análisis de agua es el de evaluar las propiedades de agua natural superficial cuyos resultados deben ser de alta calidad y confiabilidad y adecuados al propósito para el cual son solicitados, ya que con base en esta información se toman importantes decisiones en materia de legislación, medidas de mitigación, control y protección del medio ambiente las cuales están regidas por normas y regulaciones de carácter oficial. Las muestras recolectadas para los análisis deben ser relevantes y verdaderamente representativas. El muestreo para agua se realizó considerando el conocimiento previo existente del sistema hidrográfico. En general el alcance y representatividad de la muestra de agua de

río, dependen del tamaño y de las características geomorfológicas de la cuenca hidrográfica.

Por lo tanto el muestreo es el aspecto más crítico de un programa de monitoreo.

Tabla 3

*Métodos de análisis de metales pesados en agua*

METAL	MÉTODO
Metales pesados	➤ 783 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-AES, revisión 4.4.

Fuente: Alvarez (2018).

Las muestras fueron enviadas al laboratorio LAS de la ciudad de Arequipa

Tabla 4

*Código de los puntos de muestreo de agua*

Puntos de Muestreo	Código	Numero de Muestras de Agua de rio	Elementos Analizados	Lugar de muestreo	Tipo de Envase – Volumen
PMA1	AG17000635	1	- Metales	Puente Crucero	Plastico-1L
PMA2	AG17000636	1	- Metales	Carlos Gutierrez	Plastico-1L
PMA3	AG17000637	1	- Metales	Ccatuyo Grande	Plastico-1L
PMA4	AG17000638	1	- Metales	Choquesani	Plastico-1L
PMA5	AG17000639	1	- Metales	San Antón	Plastico-1L

### 3.5.2. Resultados

Tabla 5

*Resultados de laboratorio*

Código	Ag MT (mg/L)	Al MT (mg/L)	B MT (mg/L)	Ba MT (mg/L)	Be MT (mg/L)	Ca MT (mg/L)	Cd MT (mg/L)
AG17000635	<0,0024	2,75	<0,0053	0,06768	0,000086	52,8	0,00429
AG17000636	<0,0024	0,332	<0,0053	0,07435	<0,000079	64,7	0,00040
AG17000637	<0,0024	0,292	<0,0053	0,07493	<0,000079	65,9	<0,00011
AG17000638	<0,0024	0,193	<0,0053	0,07473	<0,000079	60,2	<0,00011
AG17000639	<0,0024	0,804	<0,0053	0,06081	<0,000079	59,5	0,00122

Fuente: Resultados de laboratorio LAS.

Código	Co MT (mg/L)	Cr MT (mg/L)	Cu MT (mg/L)	Fe MT (mg/L)	K MT (mg/L)	Li MT (mg/L)	Mg MT (mg/L)
AG17000635	0,002027	0,00841	<0,002	7,96	2,73	0,04653	11,38
AG17000636	<0,000094	0,00049	<0,002	0,203	2,17	0,03069	11,88
AG17000637	<0,000094	0,00069	<0,002	0,163	2,78	0,10420	12,34
AG17000638	<0,000094	0,00518	<0,002	<0,016	2,90	0,02746	12,04
AG17000639	<0,000094	0,00877	<0,002	1,83	2,55	0,03631	11,45

Fuente: Resultados de laboratorio LAS.

Código	Mn MT (mg/L)	Mo MT (mg/L)	Na MT (mg/L)	Ni MT (mg/L)	P MT (mg/L)	Pb MT (mg/L)	Sb MT (mg/L)
AG17000635	0,002027	0,00841	<0,002	0,00918	0,1718	<0,0026	<0,00049
AG17000636	<0,000094	0,00049	<0,002	0,00142	0,0460	<0,0026	<0,00049
AG17000637	<0,000094	0,00069	<0,002	0,00134	0,0089	<0,0026	<0,00049
AG17000638	<0,000094	0,00518	<0,002	0,00224	0,0136	<0,0026	<0,00049
AG17000639	<0,000094	0,00877	<0,002	0,00433	0,0617	<0,0026	<0,00049

Fuente: Resultados de laboratorio LAS.

Código	Se MT (mg/L)	SiO <sub>2</sub> MT (mg/L)	Sn MT (mg/L)	Sr MT (mg/L)	Ti MT (mg/L)	V MT (mg/L)	Zn MT (mg/L)
AG17000635	<0,002	18,3	<0,00085	0,2667	0,03328	0,00397	1,059
AG17000636	<0,002	9,841	<0,00085	0,3702	0,00813	<0,00014	0,0335
AG17000637	<0,002	8,588	0,00163	0,4179	0,00780	<0,00014	0,0177
AG17000638	<0,002	8,541	0,00157	0,3556	0,00615	<0,00014	0,0459
AG17000639	<0,002	12,59	<0,00085	0,3619	0,01319	0,00086	0,3083

Fuente: Resultados de laboratorio LAS.

## CAPÍTULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1. Niveles de contaminación en agua en el área de estudio

## 4.1.1. Parámetros físico – químicos

Tabla 6

*Parámetros físico – químicos*

Punto de muestreo	pH	Temperatura °C
PM1	8.4	8.3
PM2	8.2	9.9
PM3	8.1	11.5
PM4	8.3	11.5
PM5	7.8	13.4

Tabla 7

*Caudal de los tramos del río*

Punto de muestreo	Caudal Q m <sup>3</sup> /s Aforo de campo Monitoreo
PM1	15.35
PM2	19.03
PM3	15.47
PM4	6.38
PM5	13.54

#### 4.1.2. Contaminación de agua en el río

Para la comparación de la calidad de agua:

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Tabla 8

*Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM*

Parámetros	Unidad de Medida	Ríos de la Costa y sierra
pH	Unidad de pH	6,5 a 9,0
Temperatura	°C	3
<b>INORGANICOS</b>		
Antimonio	mg/L	0,64
Arsénico	mg/L	0,15
Bario	mg/L	0,7
Cadmio disuelto	mg/L	0,00025
Cobre	mg/L	0,1
Cromo VI	mg/L	0,011
Mercurio	Mg/L	0,0001
Níquel	mg/L	0,052
Plomo	mg/L	0,0025
Selenio	mg/L	0,005
Talio	mg/L	0,0008
Zinc	mg/L	0,12

Fuente: ECAS – MINAM.

Tabla 9

Comparación de los estándares con los resultados de laboratorio LAS

Parámetros	Unidad de Medida	Estándares en Agua Ríos de la Costa y sierra	Resultados de Análisis químico
<b>INORGANICOS</b>			
Antimonio	mg/L	0,64	<0,00049
Arsénico	mg/L	0,15	---
Bario	mg/L	0,7	0,07493 (3)
Cadmio disuelto	mg/L	0,00025	0,00429 (1)
Cobre	mg/L	0,1	<0,002
Cromo VI	mg/L	0,011	0,00877 (5)
Mercurio	Mg/L	0,0001	----
Níquel	mg/L	0,052	0,00918 (1)
Plomo	mg/L	0,0025	<0,0026
Selenio	mg/L	0,005	<0,002
Talio	mg/L	0,0008	---
Zinc	mg/L	0,12	1,059 (1)

Fuente: ECAS MINAM – Laboratorio LAS.

Según el cuadro anterior los resultados muestran que los parámetros Inorgánicos considera a los metales según Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM, en los cuales los resultados demuestran que el Cadmio y Zinc son los elementos que se encuentran por encima de los estándares de la calidad del agua categoría N° 4 Conservación del ambiente acuático.

#### 4.2. Contenido de metales pesados en agua

##### 4.2.1. Análisis de cadmio

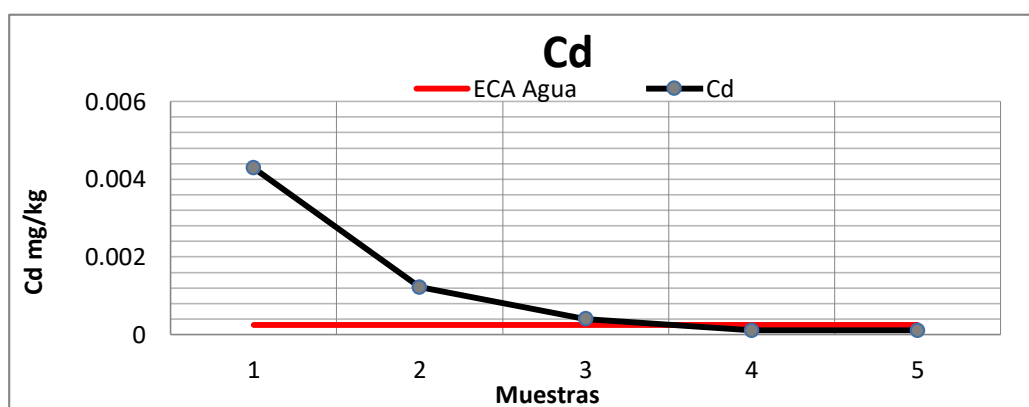


Figura 3. Resultados Cd Vs Eca agua



Las concentraciones de Cadmio en 2 tramos del la zona de estudio se encuentran por debajo de los limites maximos permisibles para agua según la tabla de Categoría N° 4, pero elevado en los dos primeros puntos para el Eca del Perú considerando la categoría N° 4° Conservacion del ambiente acuatico.

Por lo tanto definimos que el tramo del proyecto de investigacion Crucero - San Anton sobre pasa en dos puntos los niveles de concentracion en Cadmio en comparacion con el ECA agua del MINAM.

#### ➤ **Cadmio**

El cadmio es un metal pesado de color plateado se genera como sub producto de zinc, plomo y cobre. (14) Es utilizado en la industria para proteger contra la corrosión el fierro y el acero (galvanizado con cadmio), para aleaciones especiales. El sulfito de cadmio (amarillo) y el selenito de cadmio (rojo) se utilizan como componentes de pinturas para colorear cerámica y plásticos. Los plásticos y cerámicas de color intenso rojo y amarillo contienen cadmio. En la agricultura forma parte de fertilizantes fosforados y de pesticidas, uno de los principales usos del cadmio es como electrodo en las pilas nicad (niquel-cadmio) utilizadas en calculadoras y dispositivos similares contiene 5 gramos de cadmio, el cadmio y sus compuestos son vertidos a las aguas a través de los relaves mineros y desagües de las industrias. El cadmio absorbido con los alimentos, produce descalcificación de los huesos e insuficiencia renal es uno de los mayores agentes tóxicos asociado a contaminación ambiental e industrial.

#### ➤ **Toxicidad**

El cadmio puede ingresar al organismo por las siguientes vías: inhalatoria, oral y dérmica. Por vía inhalatoria, la vía oral es la vía de mayor toxicidad, se da por ingesta de agua y alimentos contaminados, pese a una baja absorción entre 5 a 20% en un adulto, los niños son los más afectados, esta se ve aumentada considerablemente cuando hay deficiencias de calcio, proteínas, hierro y zinc. Una vez absorbido, el cadmio pasa al torrente sanguíneo, entre el 90-95% se fija a la hemoglobina y a la metalotioneina, una proteína de bajo peso molecular rica en grupos sulfidrilos (SH) sintetizada en el hígado donde se almacena sin embargo progresivamente se traslada al riñón.

#### 4.2.2. Análisis de plomo

Referente al plomo, los valores de detección no sobrepasan los estándares de calidad de agua (ECA) ni los límites máximos permisibles de agua indicando que no existe presencia de elevadas concentraciones pero si considerar como un elemento que puede presentarse en la zona de estudio.

#### 4.2.3. Análisis del zinc

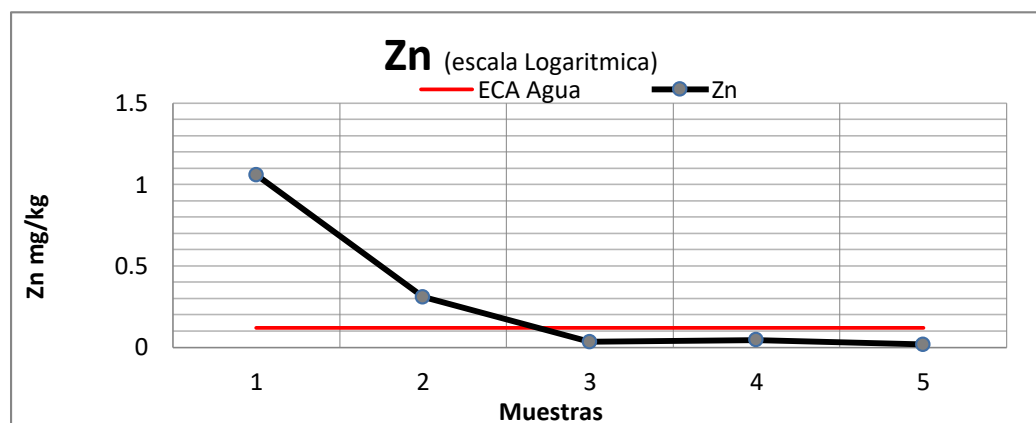


Figura 4. Resultados Zn

Las concentraciones de Zinc en 2 tramos del río se encuentran por encima de los límites máximos permisibles para agua (categoría N°4 conservación de ambientes acuáticos- MINAM). En el primer punto con mayor consideración.

Por lo tanto definimos que el tramo del proyecto de investigación Crucero - San Anton sobrepasa los niveles de concentración en Zinc en comparación con los ECAS.

#### ➤ Análisis de los resultados

Podemos decir que los resultados obtenidos de algunos metales no sobrepasan los límites de estándares nacionales de calidad ambiental para agua de categoría N° 4 Conservación del ambiente acuático establecidos por el ministerio del medio ambiente peruano. Sin embargo sobrepasa el cadmio y el zinc en dos puntos respectivamente.

Su presencia en agua es principalmente por la contaminación humana que se genera por trabajos mineros que se encuentra en la cabecera de la cuenca y también por ubicación de poblaciones aledañas al río específicamente al área de

estudio. Estos metales son también generados por la utilización como componentes de pinturas para colorear cerámica y plásticos, uno de los principales usos del cadmio es en las pilas nicad (níquel-cadmio); utilizadas en calculadoras y dispositivos similares contiene 5 gramos de cadmio y una pila contamina aproximadamente 3000 l de agua. Es necesario continuar con muestreos por que podría ser variable los resultados relacionados a medidas de fiscalización por parte de las autoridades públicas.

#### 4.3. Modelamiento matemático con HEC – RAS

Se modeló el tramo analizado aplicando el HEC RAS 5. Se ubicó la zona del tramo estudiado y se trazó el eje del río. En la siguiente figura se presenta el eje del río y los puntos de extracción de muestras para análisis de metales.

Utilizando el modelo digital de elevación de la zona se determinó las secciones transversales la que junto con el eje del río se presentan en la siguiente figura.

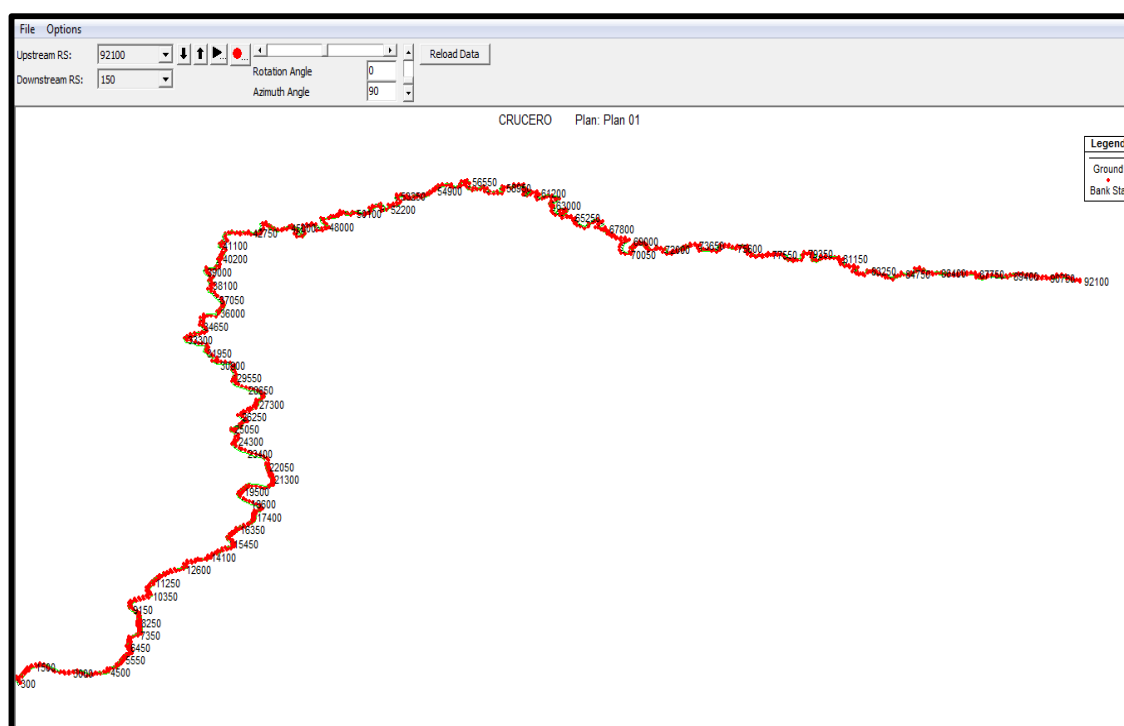


Figura 5. Geometría del río

Con el modelo digital de elevación de la zona se determinó las pendientes del río en todo el tramo ya mencionado.

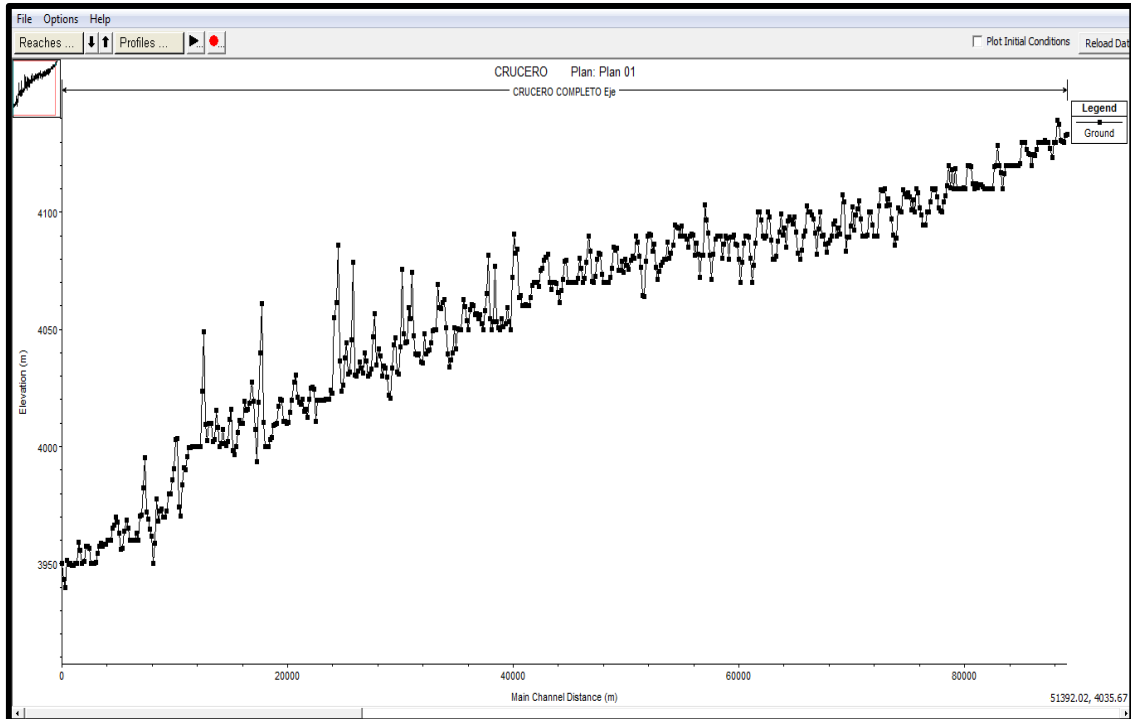


Figura 6. Pendientes del río

Los datos de las secciones transversales en los puntos de extracción de muestras 90+450 km (PMS1= Pte. Crucero, Dv. Inambari), 60+300 km (PMS2= Zona Carlos Gutierrez), 29+400 km (PMS3= Zona Ccatuyo Grande), 16+050 km (PMS4= Zona Choquesani) y 1+950 (PMS5= Pte. San Anton) se presentan en las siguientes figuras del HEC RAS 5.0.3.

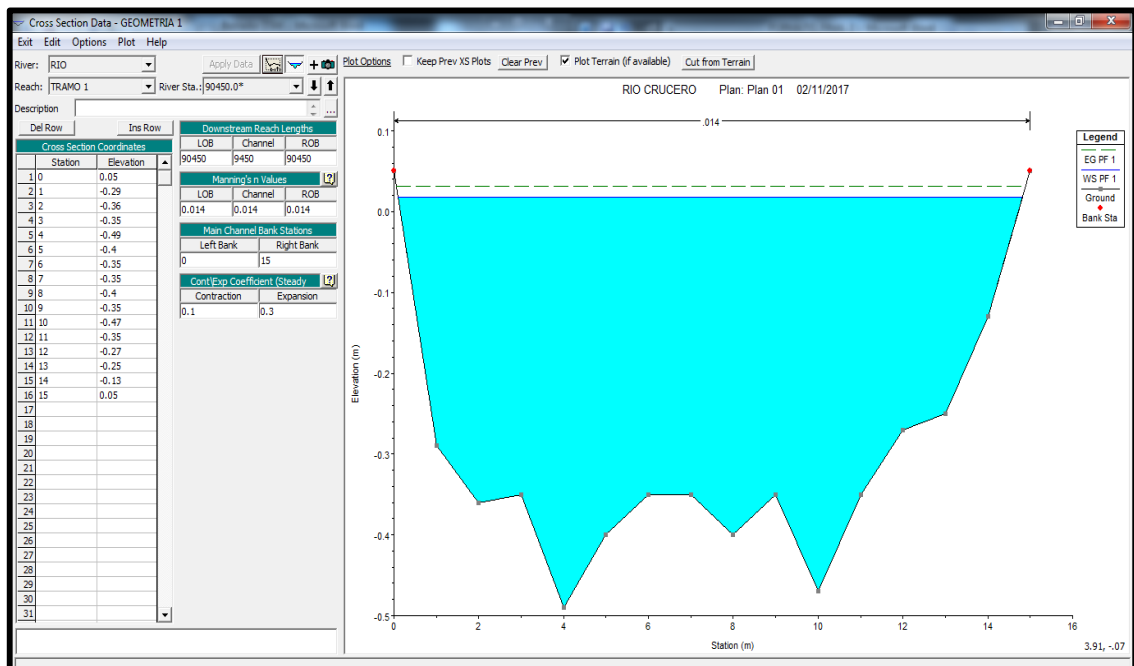


Figura 7. Sección Transversal del PM1

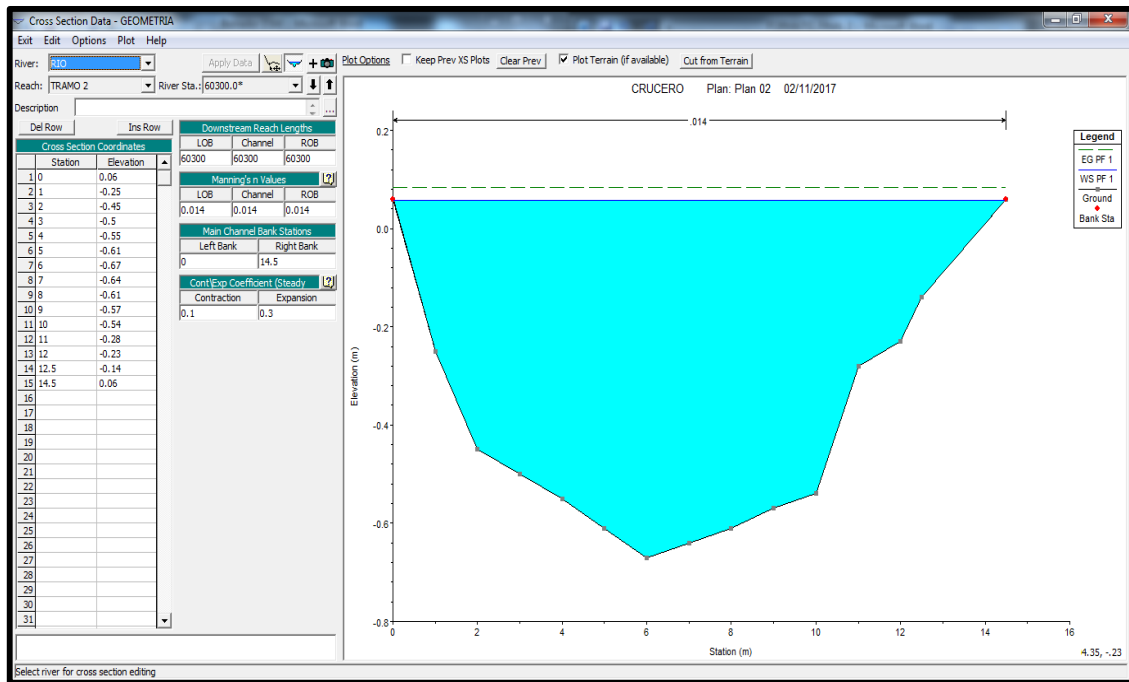


Figura 8. Sección transversal del PM2

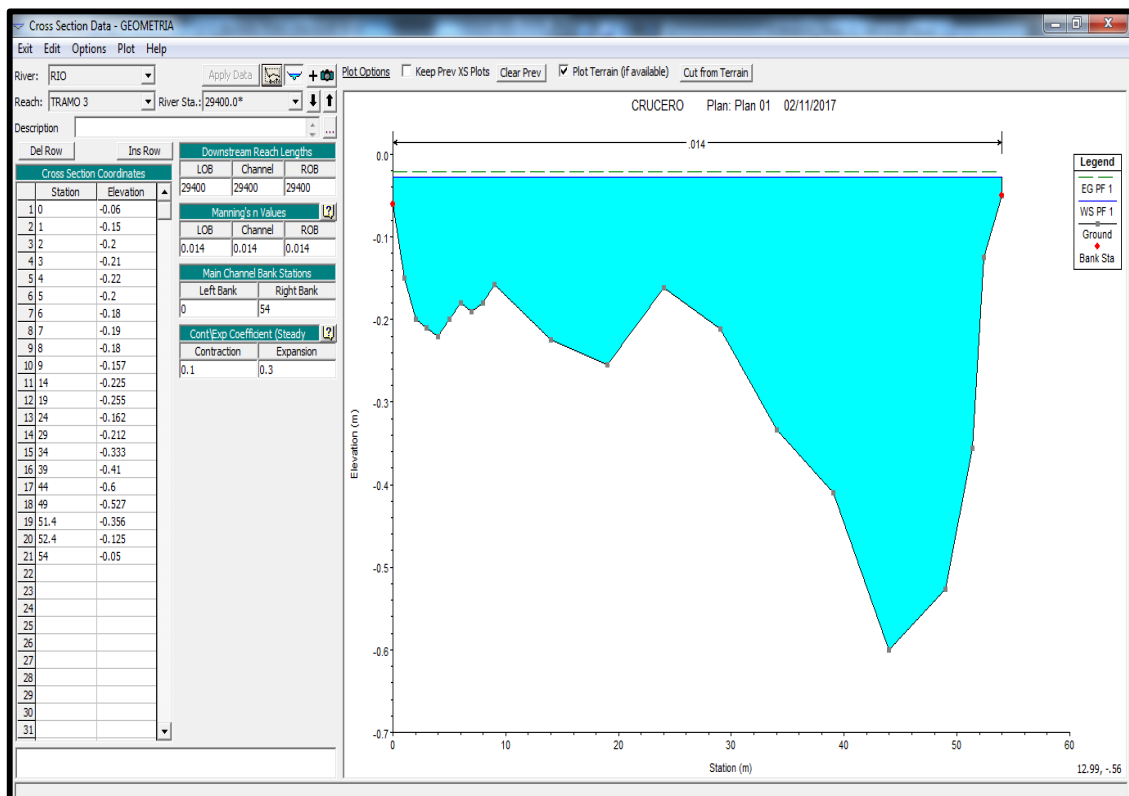


Figura 9. Sección transversal Del PM3

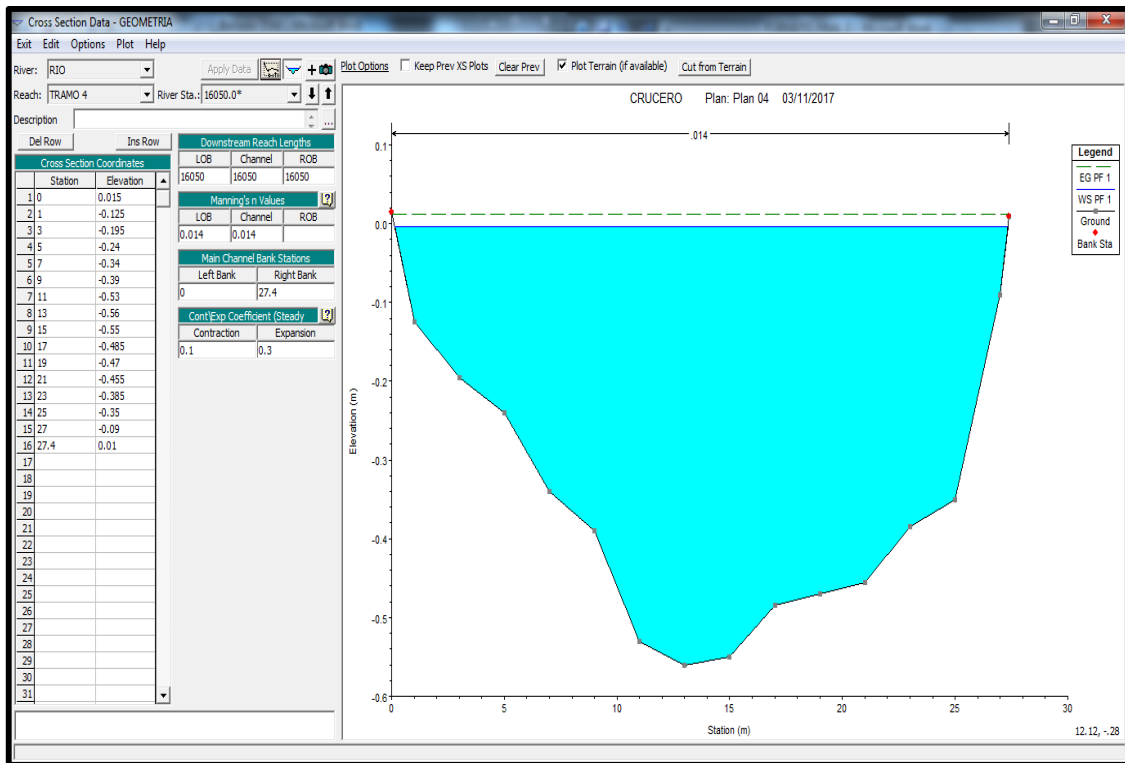


Figura 10. Sección transversal Del PM4

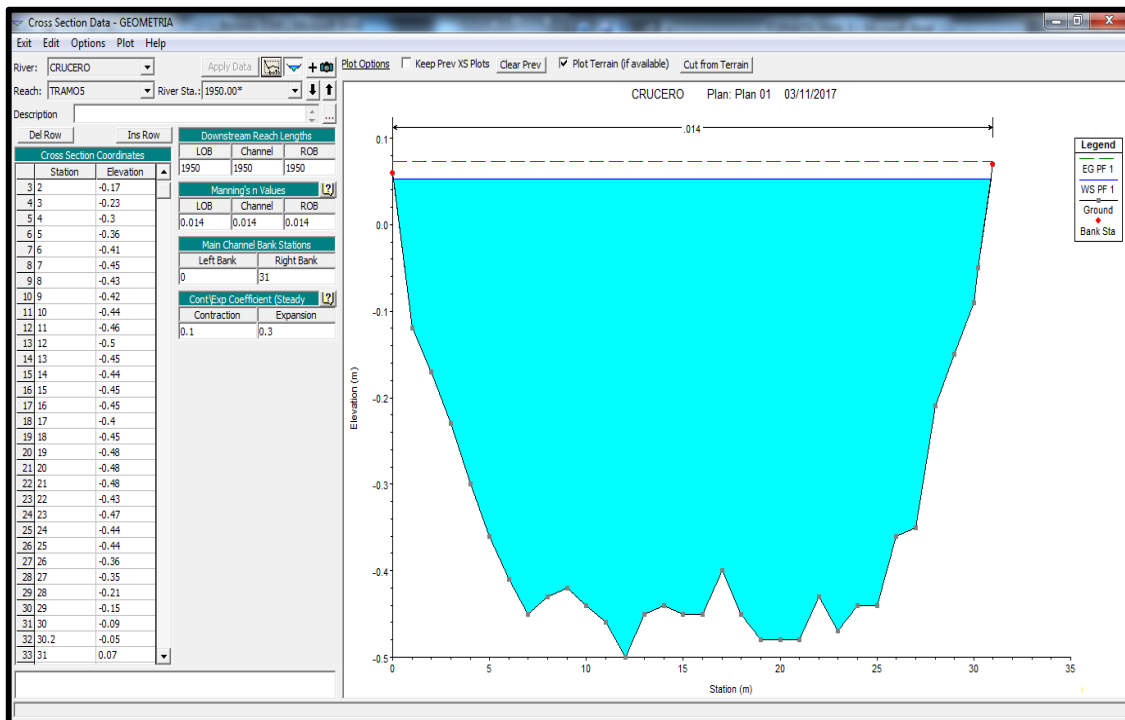


Figura 11. Sección transversal del PM5

Se calculó el caudal mediante el método del flotador obteniéndose los siguientes caudales mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 10

*Caudal obtenido en los puntos de extracción de muestras*

Punto de muestreo	Caudal Q m <sup>3</sup> /s Aforo de campo Monitoreo
PM1	15.35
PM2	19.03
PM3	15.47
PM4	6.38
PM5	13.54

Se obtiene un caudal promedio de 13.954 m<sup>3</sup>/s que se utilizó como entrada al modelo HEC RAS 5.0.3. Lo cual se muestra en la siguiente figura.

En el modelo HEC RAS 5.0.3 se utilizó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.014 asumido por las características del río y grado de desarrollo de meandros. También se asumió los coeficientes de contracción y expansión como 0.1 y 0.3, respectivamente.

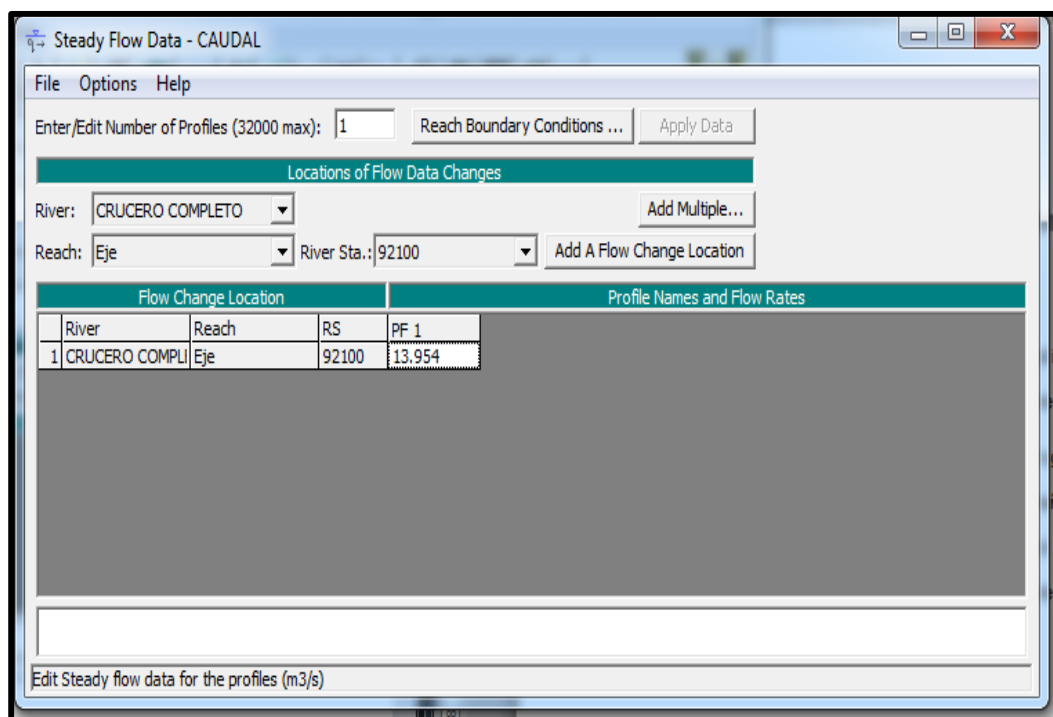


Figura 12. Ingreso de caudal en flujo permanente

Tabla 11

*Datos de los puntos de monitoreo modelado*

<b>Tramos</b>	<b>Punto de Monitoreo</b>	<b>Estación de Río</b>	<b>Pendiente (m/m)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>	<b>Área de Flujo (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Ancho de canal (m)</b>
TRAMO 1	PM1	90450.0*	0.000414	1.19	11.76	15
TRAMO 2	PM2	60300.0*	0.000418	1.21	11.53	14.5
TRAMO 3	PM3	29400.0*	0.000241	0.62	22.59	54
TRAMO 4	PM4	16050.0*	0.000317	0.87	15.95	27.4
TRAMO 5	PM5	1950.00*	0.000304	0.83	16.89	31



Tabla 12  
*Resultados del modelamiento*

TRAMOS	Estación de Río	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Elev. Mínima (m)	Tirante de Elev (m)	Energía Pot. (m)	Pendiente (m/m)	Velocidad (m/s)	Área de Flujo (m <sup>2</sup> )	Ancho de canal (m)	N° de Froude
TRAMO 1	90600	13.95	-0.54	0.53	0.59	0.000254	1.04	13.64	15	0.35
TRAMO 1	90550.0*	13.95	-0.52	0.51	0.57	0.000288	1.08	13.12	15	0.37
TRAMO 1	90500.0*	13.95	-0.51	0.49	0.56	0.000331	1.13	12.56	15	0.39
TRAMO 1	90450.0*	13.95	-0.49	0.47	0.54	0.000414	1.19	11.76	15	0.43
TRAMO 1	90400.0*	13.95	-0.47	0.43	0.52	0.000483	1.27	11.17	15	0.47
TRAMO 1	90350.0*	13.95	-0.46	0.39	0.49	0.000631	1.38	10.28	15	0.53
TRAMO 1	90300	13.95	-0.44	0.32	0.44	0.001	1.59	8.91	15	0.65
TRAMO 2	60450	13.95	-0.72	0.46	0.51	0.000261	1.04	13.42	14.5	0.35
TRAMO 2	60400.0*	13.95	-0.7	0.44	0.5	0.000296	1.08	12.9	14.5	0.37
TRAMO 2	60350.0*	13.95	-0.69	0.42	0.48	0.000339	1.13	12.36	14.5	0.39
TRAMO 2	60300.0*	13.95	-0.67	0.39	0.46	0.000418	1.21	11.53	14.5	0.43
TRAMO 2	60250.0*	13.95	-0.65	0.36	0.44	0.000491	1.27	11.01	14.5	0.46
TRAMO 2	60200.0*	13.95	-0.64	0.31	0.41	0.000639	1.38	10.14	14.5	0.53
TRAMO 2	60150	13.95	-0.62	0.24	0.37	0.001	1.58	8.82	14.5	0.65
TRAMO 3	29550	13.95	-0.65	0.16	0.17	0.000132	0.52	27.08	54	0.23
TRAMO 3	29500.0*	13.95	-0.63	0.15	0.17	0.000158	0.54	25.67	54	0.25
TRAMO 3	29450.0*	13.95	-0.62	0.14	0.16	0.000191	0.58	24.23	54	0.27
TRAMO 3	29400.0*	13.95	-0.6	0.13	0.15	0.000241	0.62	22.59	54	0.3
TRAMO 3	29350.0*	13.95	-0.58	0.11	0.13	0.000323	0.67	20.69	54	0.35
TRAMO 3	29300.0*	13.95	-0.57	0.08	0.11	0.000475	0.76	18.41	54	0.41
TRAMO 3	29250	13.95	-0.55	0.03	0.08	0.001001	0.95	14.71	54	0.58
TRAMO 4	16200	13.95	-0.61	0.26	0.28	0.000191	0.75	18.63	27.4	0.29
TRAMO 4	16150.0*	13.95	-0.59	0.24	0.27	0.000221	0.78	17.8	27.4	0.31
TRAMO 4	16100.0*	13.95	-0.58	0.23	0.26	0.00026	0.82	16.94	27.4	0.33
TRAMO 4	16050.0*	13.95	-0.56	0.21	0.25	0.000317	0.87	15.95	27.4	0.37
TRAMO 4	16000.0*	13.95	-0.54	0.18	0.23	0.000405	0.94	14.81	27.4	0.41
TRAMO 4	15950.0*	13.95	-0.53	0.15	0.2	0.000559	1.04	13.42	27.4	0.47
TRAMO 4	15900	13.95	-0.51	0.09	0.16	0.001001	1.24	11.24	27.4	0.62
TRAMO5	2100	13.95	-0.55	0.23	0.25	0.000179	0.7	19.84	31	0.28
TRAMO5	2050.0*	13.95	-0.53	0.22	0.24	0.000209	0.74	18.93	31	0.3
TRAMO5	2000.0*	13.95	-0.52	0.2	0.23	0.000248	0.78	17.98	31	0.33
TRAMO5	1950.0*	13.95	-0.5	0.18	0.22	0.000304	0.83	16.89	31	0.36
TRAMO5	1900.0*	13.95	-0.48	0.16	0.2	0.000392	0.89	15.64	31	0.4
TRAMO5	1850.0*	13.95	-0.47	0.13	0.18	0.000551	0.99	14.1	31	0.47
TRAMO5	1800	13.95	-0.45	0.06	0.14	0.001001	1.19	11.68	30.37	0.61

Fuente: Resultados – Hec Ras.

En la tabla 12 se observa datos técnicos, como son el caudal total, la pendiente, el ancho de canal de los 5 tramos, la velocidad de cada uno de los tramos con estos datos se puede simular el cauce de río, sus variantes y sobre todo su comportamiento del agua en temporadas de avenida y de estiaje.

## CONCLUSIONES

- En tres de los cinco puntos de muestreo existe presencia de cadmio por encima de los estándares de calidad ambiental categoría N° 4 conservación de ambientes acuáticos demostrando que hay presencia de metales en agua del área de estudio, las concentraciones que presentan son , cadmio 0,00429 mg/L, 0,00040 mg/L y 0,00122mg/L.
- El Pb y el Cr se encuentran por debajo de los estándares de calidad pero en el mediano y largo plazo se puede tener alteraciones en la biología, ganadería y salud de los pobladores de la zona. Debido a que en la cabecera de cuenca existe minería.
- El modelamiento mediante HEC Ras permite conocer la sección transversal del río en los cinco puntos de monitoreo la pendiente, velocidad, área de flujo y el ancho del río mediante el modelo matemático aplicado permitiendo conocer que el área puede generar turbulencia en épocas de lluvia y transportar metales aguas abajo.
- Las concentraciones de los demás metales pesados en el agua del río Ramis en el sector Crucero- San Antón se encuentran por debajo de los estándares de calidad de agua en comparación con el ECA categoría N° 4 Conservación de ambiente acuáticos – MINAM 2017.

### RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios de evaluación en el agua, desde la cabecera de cuenca hasta el lago Titicaca y así poder determinar y conocer el transporte de contaminantes.
- Realizar estudios similares en todos los ríos afluentes del lago Titicaca, en diferentes estaciones del año y haciendo correlación con las precipitaciones mínimas y máximas.
- Realizar en forma periódica la evaluación ambiental de los ríos de la cuenca del lago Titicaca aplicando software y sistemas hidrológicos.
- Es necesario continuar con muestreos por parte de las autoridades públicas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arce, O. (2006). *Indicadores biológicos de calidad del agua*. Cochabamba: Universidad Mayor de San Simón.
- Astete, J., Cáceres, W. y Gatanaga, M. (2009). *Intoxicación por plomo y otros problemas de salud en niños de poblaciones aledañas a relaves mineros*. Rev. Perú. med. exp. salud pública. [online]. ene./mar. 2009; 26. (1):15-19, [fecha de acceso 09 de junio del 2009].
- BBC – News (2004). *Perú Mine, Treat to water supply*. The Most Inhospitable Places on Earth BBC – Science and Nature. England.
- Bech, J., Tobías, F. J. y Roca, N. (1995). *Nivells basals de metalls pesants I elements traça a sòls de Catalunya*. En Cortés, A. y Boixadera, J. Dossiers Agraris:Sòls contaminats, Institució catalana d'estudis agraris ed.: 19-35.
- Betancourt, O., Narváez, A. y Roulet, M. (2005). *Small- scale gold mining in the Puyango River basin, southern Ecuador: A study of environmental impacts and human exposures*. EcoHealth 2, 323-332.
- Bradshaw, A. D. y McNeilly (1985). *Evolución y Contaminación*. Ed. Omega 82 p.
- Brooks, R. R., Morrison, R. S., Reeves, R. D. y Malaisse, F. (1978). *Copper and cobalt in african species of aeolanthus mart. (plectranthinae, labiatae)*. *Plant and Soil* 50: 503-507.
- Chaney, R. L., Li, Y. M., Brown, S. L., Homer, F. A., Malik, M., Angle, J. S., Baker, A. J. M., Reeves, R. D. y Chin, M. (2000). Improving metal hyperaccumulator wild plants to develop commercial phytoextraction systems: approaches and progress.

- En: *Phytoremediation of Contaminated Soil and Water*. (eds Terry, N. y Bañuelos, G.), Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Cullen, W. y Reimer, K. J. (1989). *Arsenic Speciation in the Environment*, Chem. Rev., 89, 713-764.
- Dekov, K. M., Araújo, F., Van, R. y Subramanian, V. (1998). *Chemical composition of sediments and suspended matter from the Cauvery and Brahmaputra rivers (India)*. Sci. Total Environ. 212, 89-105.
- DGAA- MEM (S/F). *Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua*. Dirección General de Asuntos Ambientales – Ministerio de Energía y Minas.
- DIGESA (2006). *Monitoreo de la Cuenca del Rio Ramis – Puno*. Dirección Ejecutiva de Ecología y Protección del ambiente (no publicado) Lima (abril 2006).
- DIGESA (2008). *Variaciones de parámetros en el Rio Ramis y afluentes*. DIGESA/DEPA/JVAR/21-07 -2008.
- Elosegi, A. y Sabater, S. (2009). *Otros factores físicos de importancia para los seres vivos: luz, temperatura, corriente*. En A. Elosegi, & S. Sabater, *Conceptos técnicos en ecología fluvial*. España.
- Evanko, C. R. y Dzombak, D. A. (1997). *Remediation of metals- contaminated soils and groundwater*. Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center, TE-97.01, Pittsburg, PA.
- Ferrer, A. (2003). *Metal poisoning*. Anales Sis San Navarra; 26 (Supl. 1): 141-153. <http://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v26s1/ocho.pdf>.
- Ferrero–Mayhua, F. P. (2009). *Contaminación de la Cuenca del Rio Ramis, Puno – Peru* (www.poferro@yahoo.com)
- Flores, H. (2008). *Inspección del Rio Ramis, Puno: Núcleo de afirmación del saber andino*.
- Forstner, U. (1993). *Metals speciation general concept and application*. En *proceeding of the workshop on the sequential extraction of trace metals in soils and sediments*. Ins. J. Environ. Anal. Chem. 51, 5-23.

- Forstner, U. y Wittmann, G. T. W. (1979). *Metal pollution in the Acuatric Environment*. Springer-Verlag, Berlin, pp 486.
- Gammons, CH. H. *et al.*, (2006). *Mercury concentrations of fish river water, and sediment in Rio Ramis – Lake Titicaca watershed, Perú*. Elsevier. Science of the total Enviroment 368.
- García, C. (1996). *Síntesis diagnóstica de las enfermedades profesionales producidas por metales, productos químicos y agentes vivos*. Mapfre S.A. Madrid: 1-61.
- García, D. y González, T. (1986). *Métodos biológicos para el estudio de la calidad de agua: aplicación a la cuenca del Duero*. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- García, I. y Dorronsoro, C. (2005). *Contaminación por metales pesados*. En: Tecnología de Suelos. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola.
- GEO Titicaca (2011). *Apoyo a la gestión integrada y participativa del agua en el sistema hídrico Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (TDPS)*. Copyright © 2011, PNUMA. Avenida Morse, edificio 103. Clayton, Ciudad del Saber, corregimiento de Ancón. Ciudad de Panamá, Panamá. Editora Novo Art, S.A. en Panamá.
- Guevara, R., Gonzales, J. y Sanoja, E. (2005). *Vegetación pionera sobre rocas, un potencial biológico para la revegetación de áreas degradadas por la minería de hierro*. Interciencia 30 (10).
- Gutierrez, A. (1997). *Concentraciones de metales pesados en la vegetación autóctona desarrollada sobre suelos del entorno de una mina abandonada Bubierca-Zaragoza*. Boletín Geológico y Minero.; 108 (1): 69-74.
- Horton, R. K. (1965). *An index number system for rating water quality*. Journal-Water Pollution Control Federation. 37: 300-305
- Kuiper, D. (1984). *Genetic differentiation and phenotypic plasticity in populations of Plantago lanceolata I response to nutrient level*. In: *Genetic differentiation and*

- Dispersal in Plants*. Ed. P. Jacquard, G. Heim y J. Antonovics. Ecological Science 5. pp: 251-269.
- León, V. (1992). *Índices de calidad del agua, forma de estimarlos y aplicación*. Morelos: VII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.
- Llugany, M., Tolrà, R., Poschenrieder, C. y Barceló, J. (2007). *Hiperacumulación de metales: ¿Una ventaja para la planta y para el hombre? Ecosistemas* 16 (2):4-9.
- López, M. y Grau, J. M. (2005). *Metales pesados, Materia orgánica y otros parámetros de la capa superficial de los suelos agrícolas y de los pastos de la España peninsular*. II Resultados por Provincias. Ministerio de Educación y Ciencia e Instituto Nacional de Tecnología Agraria y Alimentaria.
- Lopez, M. V. (1981). *Tratamiento Biológico de Aguas Residuales en Prospectiva de la Biotecnología*. México: Ediciones CONACYT.
- Macnair, M. (1987). *Heavy metals tolerance in plants: A model evolutionary system*. *Tree*. 2 (12).
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Malden.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Ediciones Omega,
- McNaughton, S. J., Folsom, T. C., Lee, T., Park, F., Price, C., Roeder, D., Schmitz, J. y Stockwell, C. (1974). *Heavy metal tolerance in Typha latifolia without the evolution of tolerant races*. *Ecology*, 55,1163-1165.
- Meybeck, M. y Heimer, R. (1989). La calidad de los ríos: de la etapa prístina a la contaminación global // Geob. y el planeta. Cambio 1989. - 1, Nº 4. - P. 283 - 309.
- Purves, D. (1985). Elemento traza contaminación del Medio Ambiente, segunda edición.



- Moalla, N., Awadallah, R. M. y Rashed, M. N. (1998). *Hydrobiologia - Fraccionamiento químico de algunos metales pesados en los sedimentos del fondo del lago Nasser*, Soltan Distribución, pp. 31 - 40
- Moalla, S. M. N., Awadallah, R. M., Rashed, M. N. y Soltan, M. E. (1998). *Distribution and chemical fractionation of some heavy metals in bottom sediments of Lake Nasser*. *Hydrobiologia* 364, 31–40.
- Monroy, M., Díaz, F., Razo, I. y Carrizales, L. (2009). *Evaluación de la contaminación por arsénico y metales pesados (Pb, Cu, Zn) y análisis de riesgo en salud en Villa de la Paz, Matehuala, S.L.P.*, Cuad. med. Forense 2004, 35 (fecha de acceso 15 de junio del 2009).
- Mustow, S. E. (2002). *Biological monitoring of rivers in Thailand; use and adaptation of the BMWP score*. *Hydrobiologia* 479: 229229.
- Nelson, C. H. y Lamothe, P. J. (1993). *Heavy metal anomalies in the Tinto and Odiel river and estuary system, Spain*. *Estuaries*, 16, 496-511.
- Prasad, M. N. V. y Hagemeyer, J. (1999). Eds. *Heavy metals Stress in plants*, Springer, Berlin, 401.
- Prati, L., Pavnello, R. y Pesarin, F. (1971). *Assesment of Surface Wáter Quality by a Single Index of Pollution*, *Water Res.*, 5: 741 – 751 p.
- Proctor, J. (1992). *Chemical and ecological studies on the vegetation of ultramafic sites in Britain*, pp. 135-167. In, Roberts, B.A. and J. Proctor (eds). *The ecology of areas with serpentized rocks. A world view*. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Programa de Gestión Ambiental del Sistema TDPS. (1993). *Para la elaboración del Plan de Manejo para la Reserva Binacional del Altiplano del Titicaca 1993*.
- Ramírez, A. y Viña, G. (1998). *Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de Análisis*, BP Exploration - Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santafé de Bogotá.
- Rascio, N. (1977). *Metal accumulation by some plants growing on zinc-mine deposits*. *Oikos* 29, 250-253.

- Reeves, R. D. (2006). *Hyperaccumulation of trace elements by plants*. In: *Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils*. Ed. Springer. 2 (68), pp 25-52.
- Reeves, R. D. y Baker, A. J. M. (1984). *Studies on metal uptake by plants 190 from serpentine and non-serpentine populations of *Thlaspi goesingense* Hálácsy (Cruciferae)*. *New Phytologist*, 98, 191-204.
- Reid, R. (2001). *Mechanisms of micronutrient uptake in plants*. *Australian Plant Physiology*. 28, 659-666.
- Roca, N. (2004). *Salinidad, alcalinidad y metales pesados en suelos semiáridos de Fray Mamerto Esquiú (Catamarca, Argentina): Aplicabilidad de la taxonomía de suelos*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
- Roldán, G. (1992). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Edit. Universidad de Antioquia, Medellín. 529 p. S.A., Barcelona. 1010 p.
- Salomons, W. y Forstner, U. (1984). *Metals in the Hydrocycle*. ISBN 3-540-12755-0, Spring-Verlag, Berlín, Heidelberg, New York, Tokyo.
- Samecka, A. (1998). *Background concentrations of heavy metals in aquatic briophytes used for biomonitoring in basaltic areas a cases study from central France*. *Environmental Geology*; 39. (2): 119-122.
- SER. (2007). *Conflicto en el Altiplano Actividad minera informal en Ananea y contaminación de la cuenca del río Ramis*. Documento informativo, Oficina Regional Puno Asociación SER, Puno, Perú. 13 p.
- Sobukola, O. P. y Dairo, O. U. (2007). *Modeling drying kinetics of fever leaves (*Ocimum viride*) in a convective hot air dryer*. *Niger Food J* 2007;25 (1):145–53.
- Taylor, G. J. y Crowder, A. A. (1984). *Copper and nickel tolerance in *Typha latifolia* clones from contaminated and uncontaminated environments*. *Canadian Journal of Botany*, 62, 1304-1308.
- Tlustos, P., Pavlíková, D., Száková, J. y Balík, J. (2006). *Plant accumulation capacity for potentially toxic elements*. In: *Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils*. Ediciones Springer. 3 (68), 53-84.

- Universidad Nacional del Altiplano; Universidad Montana Tech, California -USA. (2003). *Evaluación Ambiental de Procesamiento de Oro por Amalgamación por Mercurio. (Puno)*: Universidad Nacional del Altiplano; 2003.
- Universidad de Vigo (2002). *As troitas do río miño, en Ourense están contaminadas con metales pesados*. Octubre 2002.
- Usero, J., Morillo, J. y Gracia, I. (1997). *Contaminación por metales en los sedimentos acuáticos*. Tecnología del agua 166, 47-54.
- Valdez, F. y Cabrera, V. M. (1999). *Contaminación por metales pesados en Torreon, Coahuila, México* 1° Ediciones Texas Center for Policy Studies CILADHAC, Torreon.
- Zavala, B. y Guerrero, C. (2005). *Estudio geoambiental de la cuenca del río Ramis, informe en edición*. Normas Riverside.
- Zuñiga, M. C., Rojas, A. M. y Serrato, C. (1994). *Interrelación de indicadores ambientales de calidad en cuerpos de aguas superficiales del Valle del Cauca*. Revista Colombiana de Entomología. 20: 124-130.p.



## ANEXOS

**Anexo 1.** Fotografías de tomado de muestra



*Figura 13.* Punto de muestreo – Puente Crucero



*Figura 14.* Punto de muestreo N° 2 - Zona de Carlos Gutiérrez





*Figura 15.* Punto de muestreo - Zona de Choquesani



*Figura 16.* Punto de muestreo N° 5 – San Antón



*Figura 17.* Medición de caudal por el método del Flotador



*Figura 18.* Medición de la Profundidad para el Software Hec ras





*Figura 19.* Recolección de muestra de agua



Anexo 2. Resultados de análisis de laboratorio



# Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

## INFORME DE ENSAYO LAS-17-02782

Pág: 1/4

### Hoja de datos

Señores: DANTE SALAS  
 Dirección: Av. Sequicentenario N° 1150 Ciudad Universitaria - Puno  
 Atención: DANTE SALAS  
 Proyecto: Trabajo de Investigación  
 Nro de muestras: 5  
 Muestreo realizado por: Cliente: Dante Salas  
 Registro de muestreo: 197-17  
 Procedimiento Aplicado: *Muestreado por cliente*  
 Fecha de recepción: 05/06/2017  
 Fecha de ensayo: 05/06/2017  
 Fecha de emisión: 08/06/2017  
 Condiciones de recepción de la muestra: Muestras debidamente conservadas  
 Observaciones: Datos proporcionados por el cliente

### Método de ensayo aplicado

\*782 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -AES, Revisión 4.4.

Cod Int. #	Nombre de muestra	Matriz de la muestra	Lugar de muestreo	Punto de muestreo y/o coordenadas Coordenadas UTM Este / Norte	Fecha de inicio de muestreo	Hora de inicio de muestreo
AG17000635	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	PUENTE CRUCERO DV.LIMBANI / CARABAYA / PUNO	E:391545 N:8411142	04/06/17	08:00 a.m.
AG17000636	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	ZONA CCATUYO GRANDE / CARABAYA / PUNO	E:357497 N:8387357	04/06/17	09:20 a.m.
AG17000637	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	PUENTE SAN ANTON CARABAYA / PUNO	E:373985 N:8416554	04/06/17	11:00 a.m.
AG17000638	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	ZONA CHOQUESANI / CARABAYA / PUNO	E:363981 N:8395408	04/06/17	12:30 p.m.
AG17000639	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	ZONA CARLOS GUTIERREZ / CARABAYA / PUNO	E:364053 N:8404909	04/06/17	01:50 p.m.

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
 Omar A. Juárez Soto  
 Gerente de Operaciones  
 M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114446





# Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

## INFORME DE ENSAYO LAS-17-02782

Hoja de resultados

08/06/2017

Pág.: 2/4

MT=metales totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	*782 Ag MT mg/L	*782 Al MT mg/L	*782 B MT mg/L	*782 Ba MT mg/L	*782 Be MT mg/L	*782 Ca MT mg/L	*782 Cd MT mg/L	*782 Co MT mg/L	*782 Cr MT mg/L	*782 Cu MT mg/L
AG17000635	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,0024	2,75	<0,0053	0,06768	0,000086	52,8	0,00429	0,002027	0,00841	<0,002
AG17000636	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,0024	0,332	<0,0053	0,07435	<0,000079	64,7	0,00040	<0,000094	0,00049	<0,002
AG17000637	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,0024	0,292	<0,0053	0,07493	<0,000079	65,9	<0,00011	<0,000094	0,00069	<0,002
AG17000638	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,0024	0,193	<0,0053	0,07473	<0,000079	60,2	<0,00011	<0,000094	0,00518	<0,002
AG17000639	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,0024	0,804	<0,0053	0,06081	<0,000079	59,5	0,00122	<0,000094	0,00877	<0,002

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 11414



# Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

## INFORME DE ENSAYO LAS-17-02782

Hoja de resultados

08/06/2017

Pág.: 3/4

MT=metales totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	*782 Fe MT mg/L	*782 K MT mg/L	*782 Li MT mg/L	*782 Mg MT mg/L	*782 Mn MT mg/L	*782 Mo MT mg/L	*782 Na MT mg/L	*782 Ni MT mg/L	*782 P MT mg/L	*782 Pb MT mg/L	*782 Sb MT mg/L
AG17000635	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	7,96	2,73	0,04653	11,38	0,30300	<0,00038	6,71	0,00918	0,1718	<0,0026	<0,00049
AG17000636	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	0,203	2,17	0,03059	11,88	0,03292	0,00150	6,48	0,00142	0,0460	<0,0026	<0,00049
AG17000637	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	0,163	2,78	0,10420	12,34	0,03551	<0,00038	9,69	0,00134	0,0089	<0,0026	<0,00049
AG17000638	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,016	2,90	0,02746	12,04	0,02155	<0,00038	6,80	0,00224	0,0136	<0,0026	<0,00049
AG17000639	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	1,83	2,55	0,03631	11,45	0,09788	<0,00038	6,81	0,00433	0,0617	<0,0026	<0,00049

*(Handwritten Signature)*  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114416





# Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

## INFORME DE ENSAYO LAS-17-02782

Hoja de resultados

08/06/2017

Pág.: 4/4

MT=metales totales

Código Interno #	Nombre de Muestra	*782 Se MT mg/L	*782 SiO <sub>2</sub> MT mg/L	*782 Sn MT mg/L	*782 Sr MT mg/L	*782 TI MT mg/L	*782 TI MT mg/L	*782 V MT mg/L	*782 Zn MT mg/L
AG17000635	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,002	18,13	<0,00085	0,2667	0,03328	<0,0013	0,00397	1,059
AG17000636	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,002	9,841	<0,00085	0,3702	0,00813	<0,0013	<0,00014	0,0335
AG17000637	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,002	8,588	0,00163	0,4179	0,00780	<0,0013	<0,00014	0,0177
AG17000638	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,002	8,541	0,00157	0,3556	0,00615	<0,0013	<0,00014	0,0459
AG17000639	AGUA NATURAL - RIO CRUCERO	<0,002	12,59	<0,00085	0,3619	0,01319	<0,0013	0,00086	0,3083


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Juárez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 11442



## Anexo 3. Normas legales

10

NORMAS LEGALES

Miércoles 7 de junio de 2017 /  El Peruano**Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias****DECRETO SUPREMO  
N° 004-2017-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

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

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

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

DECRETA:

**Artículo 1.- Objeto de la norma**

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

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

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

**Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua**

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

**3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional****a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable**

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

**- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección**

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

**- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

**- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado**

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

**b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación**

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



**- B1. Contacto primario**

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

**- B2. Contacto secundario**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**- Agua para riego no restringido**

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

**- Agua para riego restringido**

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

**b) Subcategoría D2: Bebida de animales**

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

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

**3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático**

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

**a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos**

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

**b) Subcategoría E2: Ríos**

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

**- Ríos de la costa y sierra**

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

**- Ríos de la selva**

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

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

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

**- Marinos**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **Artículo 8.- Sistematización de la información**

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

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

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

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

#### **Artículo 9.- Refrendo**

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

#### **DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES**

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

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

##### **Segunda.- Del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua**

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

##### **Tercera.- Métodos de ensayo o técnicas analíticas**

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

#### **DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS**

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

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

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

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

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

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

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



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

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA**

Única.- Derogación de normas referidas a Estándares de Calidad Ambiental para Agua Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

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

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD  
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN  
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS  
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES  
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN  
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRÁ  
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**ANEXO**

**Categoría 1: Poblacional y Recreacional**

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

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> ) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**



**14** **NORMAS LEGALES** Miércoles 7 de junio de 2017 / **El Peruano**

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
Niquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
<b>ORGÁNICOS</b>				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C <sub>6</sub> - C <sub>10</sub> )	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	( e )	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
<b>BTEX</b>				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
<b>Organofosforados</b>				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
<b>Organoclorados</b>				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
<b>II. CIANOTOXINAS</b>				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
<b>III. BIFENILOS POLICLORADOS</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 <sup>6</sup>	<5x10 <sup>6</sup>

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

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO<sub>3</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO<sub>3</sub>).



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

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

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

Dónde:

C= concentración en mg/L y

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

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

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

**Nota 1:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

**Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación**

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

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

**Nota 2:**

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.



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

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

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

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

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

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

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

**Nota 3:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

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



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

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

**Nota:**

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

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

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

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

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

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

(b): Después de filtración simple.

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

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

**Nota 4:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.



Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

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



Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Carbamato</b>						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

- (a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).
  - (b) Después de la filtración simple.
  - (c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos ( $\text{NO}_3\text{-}$ ).
- Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 5:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.
- (1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoniac Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de  $\text{NH}_3$ ) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.
- (2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoniac Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de  $\text{NH}_3$ ).

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

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

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

**Notas:**

- (\*)El estándar de calidad de Amoniac Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.
- (\*\*)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniac-N ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), multiplicar el resultado por el factor 1.22 para expresarlo en las unidades de Amoniac ( $\text{NH}_3$ ).

**NOTA GENERAL:**

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.
- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.
- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1529835-2