



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA QUIMICA



TESIS
CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE MATERIALES TÓXICOS EN EL
CANAL GAVILÁN DE ORO Y EN EL EFLUENTE DE LA LAGUNA
SILLACUNCA EN ANANEA - PUNO

PRESENTADA POR:

NESTOR OMAR MERCADO AYAMAMANI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

PUNO, PERÚ

2021



DEDICATORIA

A Dios, por estar presente en cada paso que doy, por fortalecerme día y día. Con mucho cariño y gratitud a mi familia, quienes con mucho cariño me apoyaron en el desarrollo de mi tesis.

A mis profesores por haber compartido sus enseñanzas en el periodo de estudio.



AGRADECIMIENTOS

En forma especial mi más sincero agradecimiento va dirigido a nuestros profesores de la Universidad Nacional del Altiplano, de quienes hemos recibido sus enseñanzas.

A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno por haber permitido especializarme en la Maestría en Ciencias de la Ingeniería Química Mención: Seguridad Industrial y Ambiental



INDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco Teórico	4
1.1.1 Metales pesados	4
1.1.2 Mercurio	8
1.1.3 El agua	12
1.1.4 Ecosistema calidad de agua	15
1.1.5 Contaminación por metales pesados	17
1.1.6 Metales pesados en relaves mineros	18
1.1.7 Estándares de calidad ambiental	18
1.2 Antecedentes	18

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema	27
2.2. Enunciados del problema	28
2.2.1 Problema Científico	28
2.2.1 Problema general	28



2.2.3 Problemas específicos	28
2.3 Justificación	29
2.4 Objetivos	30
2.4.1 Objetivo general	30
2.4.2 Objetivos específicos	30
2.5 Hipótesis	30
2.5.1 Hipótesis general	30
2.5.2 Hipótesis específicas	30

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio	31
3.2 Población	35
3.3 Muestra	35
3.4 Métodos de investigación	36
3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	37

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Niveles de contaminación en agua en el área de estudio	44
4.2 Contenido de metales pesados en agua	48
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	64

Puno, 01 de Diciembre del 2021

ÁREA: Investigación

TEMA: Monitoreo y Evaluación del Impacto Ambiental en Minería.

LÍNEA: Recursos Naturales y Medio Ambiente



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Código de los puntos de muestreo	33
2. Cuadro de operacionalización de variables	37
3. Especificación para el procedimiento de recolección	40
4. Consolidado de resultados del laboratorio-parte 1	42
5. Consolidado de resultados del laboratorio-parte 2	42
6. Consolidado de resultados del laboratorio-parte 3	43
7. Consolidado de resultados del laboratorio-parte 4	43
8. Consolidado de resultados del laboratorio-parte 5	43
9. Paramentos de la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	44
10. Comparación de los estándares con los resultados de Laboratorio - M1	45
11. Comparación de los estándares con los resultados de Laboratorio – M2	46
12. Comparación de los estándares con los resultados de Laboratorio – M3	47
13. Análisis de Arsénico	48
14. Análisis de Zinc	49
15. Análisis de Niquel	49
16. Análisis de Manganeseo	50
17. Análisis de Hierro	51
18. Análisis de Cobalto	51
19. Análisis de Cobre	52
20. Análisis de Berilio	53
21. Análisis de Aluminio	53
22. Análisis de Cadmio	54



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Ciclo del Hg en la biosfera y fenómenos de especiación.	12
2. Mapa de Ananea	31
3. Área de Estudio del canal Gavilán de oro y la laguna de Sillacunca	32
4. Mapa De Ubicación De Puntos	33
5. Canal Gavilán de Oro	34
6. Vista de la Laguna Sillacunca	34
7. Resultados Arsénico Vs ECA AGUA	48
8. Resultados Zinc Vs ECA AGUA	49
9. Resultados Niquel Vs ECA AGUA	50
10. Resultados Manganeso Vs ECA AGUA	51
11. Resultados Fe Vs ECA AGUA	51
12. Resultados Cobalto Vs ECA AGUA	52
13. Resultados Cobre Vs ECA AGUA	52
14. Resultados Berilio Vs ECA AGUA	53
15. Resultados Aluminio Vs ECA AGUA	54
16. Resultados Cadmio Vs ECA AGUA	54
17. Distribución de metales pesado	55
18. Distribución de metales	55



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Normas legales	65
2. Ley General del Medio Ambiente	73
3. Informes de laboratorio	96



RESUMEN

La actividad minera en la zona de Rinconada está relacionada con el nivel de metales sin valor económico que contaminan el suelo. En nuestra región desde la cabecera de cuenca sufre una contaminación por metales pesados producto de la actividad de explotación minera de mineros informales y mineros ilegales existentes en la zona específicamente en la zona de Rinconada y Ananea. El problema es la necesidad de conocer el grado de contaminación mediante la caracterización físico química de metales tóxicos en las aguas del canal Gavilán de Oro que son los efluentes mineros de la Rinconada y la calidad de agua en la laguna Sillacunca. El estudio considera como objetivo la caracterización físico química de metales y metaloides en agua en el canal Gavilán y en el efluente de la laguna Sillacunca, La hipótesis es que, ambientalmente, la contaminación físico-química por metales en las aguas del canal Gavilán y a la salida de las aguas de la laguna Sillacunca ocasionaría una contaminación por metales en la zona de Ananea. Los resultados fueron comparados con los estándares nacionales, y se tiene que los niveles de contaminación por metales tóxicos en la zona de estudio muestran que en los dos puntos de muestreo existe Arsénico 0,204 mg/L, 0,275 mg/L, por encima de los estándares de calidad ambiental categoría N° 4, Al 15,660 mg/L , Mg 21,650 mg/L y el Mn 5,356 mg/L demostrando que hay presencia de metales en agua del área de estudio.

Palabras clave: Agua, Canal, Contaminación, Metales tóxicos, Metaloides.



ABSTRACT

Mining activity in the Rinconada area is related to the level of metals of no economic value that contaminate the soil. In our region, from the head of the basin, it suffers contamination by heavy metals as a result of the mining activity of informal miners and illegal miners existing in the area, specifically in the Rinconada and Ananea area. The problem is the need to know the degree of contamination through the physical and chemical characterization of toxic metals in the waters of the Gavilán de Oro channel, which are the mining effluents from La Rinconada and the quality of the water in the Sillacunca lagoon. The study considers the objective of the physical-chemical characterization of metals and metalloids in water in the Gavilán channel and in the Sillacunca lagoon effluent. The hypothesis is that, environmentally, the physical-chemical contamination by metals in the waters of the Gavilán channel is already Leaving the waters of the Sillacunca lagoon would cause metal contamination in the Ananea area. The results were compared with national standards, and the levels of contamination by toxic metals in the study area show that in the two sampling points there is Arsenic 0.204 mg / L, 0.275 mg / L, above the standards of environmental quality category N ° 4, Al 15,660 mg / L, Mg 21,650 mg / L and Mn 5,356 mg / L demonstrating that there is presence of metals in water in the study area.

Keywords: Canal, Metals, Metalloids, Pollution, Water

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso renovable en peligro de contaminación por culpa de la actividad humana. Toda el agua pura procedente de las lluvias, ya antes de llegar al suelo recibe su primera carga contaminante, cuando disuelve sustancias como anhídrido carbónico, óxido de azufre y de nitrógeno que la convierten en lluvia ácida. Ya en el suelo, el agua discurre por la superficie o se filtra hacia capas subterráneas. Al atravesar los campos mineralizados y desmontes ocasionados por la actividad minera en la cabecera de cuenca en la zona de la Rinconada y el agua del canal Gavilán se carga de metales pesados y cuando pasa por la población de Cerro Lunar arrastra productos como residuos sólidos, aguas residuales, aceites de auto, metales pesados, etc. Las escorrentías muestran una cierta capacidad de deshacerse de los contaminantes, pero para eso necesitan tener un tramo muy largo en las cuales las bacterias puedan realizar su trabajo depurador. Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado, rara vez constante a lo largo del año, y desemboca en lagunas aguas abajo en la zona de Ananea, también generan los ríos que terminan en el río Ramis o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente.

La presente investigación trata sobre la posible contaminación del canal Gavilán y la Laguna Sillacunca ubicado en la zona Rinconada – Ananea y la Laguna en la zona de Ananea, Distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina, Departamento de Puno. Esto se puede estar dando debido a la minería informal que se viene desarrollando en la cabecera de cuenca por la minería informal de Rinconada, por donde discurren las aguas del deshielo, las mismas que son utilizadas en las bocaminas se generan por filtración en el interior mina se acumulan y salen por la parte inferior denominada zona Lago. En esta zona sale el agua de interior mina y genera una riachuelo a la laguna de Cerro Lunar el efluente de esta laguna es el canal Gavilán que es conducido mediante un canal hacia Ananea y utilizada como consumo de animales y en algunos casos consumo humano.

La minería artesanal se desarrolla a una altura de 4200 a 5000 msnm aproximadamente, mientras que las aguas discurren por debajo de los 4100 msnm aproximadamente. Esta zona cuenta con un alto porcentaje de minerales oxidados, así como de mineral con sulfuros. La laguna de Sillacunca es la generación de trabajo de la minería de extracción de mineral morrénico el cual consiste en el lavado de mineral en chutes y el agua generado

el acumulado en la laguna el punto de inicio del efluente de la laguna es considerado el punto de muestreo.

Para el año 2002 en adelante, se fue incrementando el número de mineros artesanales, la forma fue: los trabajadores de la zona, se percataron que el procedimiento era “sencillo”, iniciaron a extraer y a procesar mineral en terrenos de su propiedad ubicados en el cerro; iniciándose un problema social, debido a la falta de control de las autoridades y al crecimiento desordenado de la minería informal, las quejas entre ellos por la colocación de relaves, así como los accidentes registrados inclusive fatales, motivó a que las instituciones regionales apoyaran en capacitación de los mineros informales sin ver mejoras significativas muy por el contrario seguía aumentando los mineros y así mismo la posible contaminación de sectores aledaños.

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.

Los metales pesados pueden clasificarse en dos grupos, el primero, al que pertenecen elementos como Cu, Zn y Cr³⁺, 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 *et al.*, 1999).



El impacto que se nota con mayor relevancia en la cuenca del río Ramis, de esta forma según Alata (2018) , 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.

Con el propósito de desarrollar la investigación hemos presentado este Informe final de investigación a través de 4 capítulos: Capítulo I: Revisión de Literatura, donde contiene el Marco teórico y los Antecedentes; Capítulo II: El planteamiento del problema, que contiene la identificación y el enunciado del problema, la justificación, los objetivos y las hipótesis; Capítulo III: Materiales y métodos; y, Capítulo IV: Resultados y Discusión de la investigación. Así mismo, se incluye las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas, y los anexos.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco Teórico

1.1.1 Metales pesados

Se habla mucho de los metales pesados, sin indicarse sin embargo, qué son, y específicamente, el cómo y por qué son peligrosos. 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 (g/cm³). Cabe destacar que en esta categoría entran prácticamente todos los elementos metálicos de interés económico, por tanto, de interés minero. Lo que hace tóxicos a los metales pesados no son en general sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden presentarse, y casi más importante aún, el tipo de especie que forman en un determinado medio. Cabe recordar que de hecho los seres vivos “necesitan” (en pequeñas concentraciones) a muchos de éstos elementos para funcionar adecuadamente. Ejemplos de metales requeridos por el organismo incluyen el cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio, y zinc (Laqui, 2019).

El caso del hierro es notable entre éstos, siendo vital para la formación de hemoglobina. Todos los metales pesados se encuentran presentes en los medios acuáticos (el agua químicamente pura no existe en la naturaleza), aunque sus concentraciones (en ausencia de contaminación) son muy bajas. Los metales pesados se encuentran en estas aguas como coloides, partículas minerales (sólidos en suspensión), o fases disueltas (cationes o iones complejos). Las formas coloidales suelen dar lugar a la formación de hidróxidos, mientras que las partículas sólidas incluyen una gran variedad de

minerales. Las fases disueltas pueden a su vez ser capturadas por adsorción o absorción en arcillas o hidróxidos. Adicionalmente, los compuestos orgánicos pueden constituir fases con gran capacidad de captura de cationes metálicos, que en ocasiones dan lugar a fases extremadamente tóxicas (e.g. metilmercurio: CH_3Hg). A su vez la química del sistema acuoso regula las tasas de adsorción en el sistema agua-sedimento (Romero *et al.*, 2008).

La adsorción remueve el metal de la columna de agua; la desorción lo incorpora nuevamente a ésta. Los parámetros que regulan el sistema son: la salinidad, el potencial redox (Eh), y el pH: Un incremento de la salinidad conlleva una competencia, entre metales pesados y metales grupos I y II, por los sitios de ligazón (e.g. espaciado interlaminar en las arcillas), lo que se traduce en la expulsión de los metales pesados, y su devolución a la columna de agua. Un incremento del Eh genera la inestabilidad de los compuestos reducidos (e.g. sulfuros), poniendo el metal en solución. Un decrecimiento del pH tiene dos efectos:

- Induce la disolución de compuestos metal-carbonato (cerusita: PbCO_3); y
- Aumenta la solubilidad de los metales disueltos. El decrecimiento del pH puede ligarse directamente a la serie de fenómenos físico-químicos que se derivan de la oxidación de especies sulfuradas (particularmente la pirita: FeS_2).

La consecuencia directa es la formación del denominado drenaje ácido. El sistema se encuentra así fuertemente regulado por:

- Las cantidades iniciales de pirita en el yacimiento (de sulfuros o carbones piritosos) o la escombrera (mineral dump);
- Por la presencia de bacterias oxidantes (Ferrooxidans); y
- Los niveles de oxígeno.

Con respecto a la porosidad de las rocas se refiere a los espacios abiertos (poros) en los diferentes tipos de rocas: En las Rocas Blandas: los poros están presentes entre los granos individuales y los minerales. La distribución de

éstos poros es mucho más homogénea que en las rocas consolidadas. Este tipo de porosidad se denomina Porosidad Primaria o Porosidad Intergranular.

En las Rocas Duras: los espacios corresponden a fracturas, diaclasas, planos de estratificación y cavidades producto de la disolución. Estos espacios no tienen una distribución uniforme y se consideran como fenómenos localizados. Este tipo de porosidad se denomina “porosidad secundaria”. Y con respecto a permeabilidad en petrología lo define que es el parámetro que permite evaluar la capacidad de transmitir agua de una formación en función de la textura de la misma, sin ser relacionada con su estructura o forma geométrica. Se usan cm/s y m/día como unidades en hidrogeología e ingeniería más habituales (m/día suele utilizarse en hidrogeología con carácter prácticamente general), y cm/s en ingeniería (Campos, 1990).

Los metales pesados (tales como el cobre, arsénico, plomo, mercurio, cadmio) son tóxicos y pueden acumularse en los tejidos vivos e infiltrarse en la serie sucesiva de la cadena alimenticia de organismos, en la cual cada uno se alimenta del organismo inmediato anterior.

Los metales pesados alterados de su estado natural cambian, a veces, a formas más fácilmente asimiladas en los intestinos de los seres humanos. La severidad del envenenamiento causado por la ingestión de metales pesados varía entre los metales. Las consecuencias van desde un envenenamiento poco severo hasta la muerte. Concentración de cobre de 1 ppm (1.000 ppb) el cobre se considera un elemento esencial. Se le requiere a bajos niveles para muchas reacciones enzimáticas en el cuerpo. Se desconocen los efectos crónicos del envenenamiento de cobre. Los efectos a corto plazo incluyen vómitos y dolores abdominales. El hierro es un metal no tóxico, y es necesario para las funciones corporales. Ya que no hay regulaciones con respecto a niveles de hierro en el agua (Alvarez, 2018).

1.1.1.1 Origen de los metales pesados en los sistemas acuáticos

- **Origen natural**

El contenido en elementos metálicos de un suelo libre de interferencias humanas, depende en primer lugar de la composición de la roca madre originaria y de los procesos erosivos sufridos por los materiales que conforman el mismo una alta concentración de metales puede resultar en ciertos casos de su material geológico sin que haya sufrido una contaminación. La acción de los factores medioambientales sobre las rocas y los suelos derivados de ellas son los determinantes de las diferentes concentraciones basales de metales pesados en los sistemas fluviales (aguas, sedimentos y biota).

- **Origen antropogénico**

Se entiende por contaminación de origen antropogénico a la intervención humana en el ciclo biogeoquímico de los metales pesados. Actualmente es difícil encontrar una actividad industrial o un producto manufacturado en los que no intervenga algún metal pesado los principales orígenes antropogénicos de metales pesados pueden ser agrupados de acuerdo a las principales actividades económicas que se realizan en las poblaciones locales que dependen e inciden directamente en la salud del río: agropecuario (agrícola, ganadero, acuícola), industriales (extracción forestal, bancos de materiales) y doméstico.

Los metales pesados son sustancias ubicuarias, han sido utilizados por los humanos durante miles de años (Järup, 2003), muy persistentes en el ambiente, que presentan fenómenos de acumulación en los ecosistemas y en los seres vivos que los habitan (García-Fernández *et al.*, 2005), el aluminio y casi todos los metales pesados están mucho más disponibles para la absorción de las plantas y la entrada a la cadena alimentaria en suelos ácidos que en suelos neutros o alcalinos (Morris & Therivel, 2009).

1.1.2 Mercurio

El mercurio o azogue es un metal líquido blanco plateado, volátil a temperatura ambiente debido a su alta presión de vapor, convirtiéndolo en un contaminante óptimo por su capacidad para generar reacciones químicas en las que pueden participar microorganismos que lo utilizan en sus procesos energéticos, incorporándolas al medio ambiente en una transición de compuestos inorgánicos a orgánicos todas las formas de Hg se transforman en metil mercurio en el agua por reacción con O_2 el metil mercurio es hidrosoluble y liposoluble.

El mercurio es usado ampliamente en amalgamas de mercurio, el promedio, cada dentista produce alrededor de un kilogramo de residuos de mercurio cada año los cuales dejan fluir por el desagüe al alcantarillado municipal, utilizado en la explotación de depósitos de oro donde se pierde cerca de un gramo de mercurio en el medio ambiente por cada gramo de oro producido también contienen los termómetros, en vacunas como preservantes, cosméticos, fungicidas, insecticidas, productos de limpieza, industria del papel, preservantes de semillas, pilas, baterías, computadoras y componentes electrónicos diversos, lámparas fluorescentes.

En los programas de desintoxicación se emplean alimentos con sustancias con afinidad al mercurio (alimentos ricos en azufre) sin embargo, en casos de intoxicación severa se tiene que recurrir a la hemodiálisis.

1.1.2.1 Tipos de mercurio

El mercurio ocurre naturalmente en el ambiente y existe en varias formas. Estas formas se pueden clasificar en tres tipos: mercurio metálico (llamado también mercurio elemental), mercurio inorgánico y mercurio orgánico. El mercurio metálico es un metal brillante de color blanco-plateado en forma líquida a temperatura ambiente. El mercurio metálico es la forma elemental o la forma pura de mercurio (no está combinado con otros elementos). El mercurio metálico es el típico líquido metálico usado en termómetros y en algunos interruptores eléctricos. A temperatura ambiente, alguna cantidad de mercurio metálico se evaporará al aire y

formará vapores de mercurio. Los vapores de mercurio son incoloros e inodoros (Gaona, 2004).

Los compuestos de mercurio inorgánico se producen cuando el mercurio se combina con elementos tales como el cloro, azufre u oxígeno. Estos compuestos de mercurio se llaman sales de mercurio. La mayoría de los compuestos de mercurio inorgánico son polvos blancos o cristales, excepto el sulfuro de mercurio (llamado también cinabrio), que es de color rojo y se vuelve negro por exposición a la luz.

Cuando el mercurio se combina con carbono, los compuestos que se forman se llaman compuestos de mercurio orgánico u organomercuriales. Hay potencialmente un gran número de compuestos de mercurio orgánico; sin embargo, el más común en el ambiente es el metilmercurio (llamado también monometilmercurio). Otro producto de mercurio orgánico llamado dimetilmercurio. El dimetilmercurio es el único compuesto de mercurio orgánico que se ha identificado en sitios de desechos peligrosos. Al igual que los compuestos de mercurio inorgánico, tanto el metilmercurio como el fenilmercurio existen en forma de sales (por ejemplo, cloruro de metilmercurio o acetato de fenilmercurio). En forma pura, la mayoría de las formas de metilmercurio y fenilmercurio son sólidos blancos cristalinos. Sin embargo, el dimetilmercurio es un líquido incoloro (Gaona, 2004).

Varias formas de mercurio ocurren naturalmente en el ambiente. Las formas naturales más comunes de mercurio que se encuentran en el ambiente son el mercurio metálico, sulfuro de mercurio (mineral de cinabrio), cloruro mercúrico y metilmercurio. Algunos microorganismos (bacterias y hongos) y procesos naturales pueden transformar al mercurio en el ambiente de una forma a otra. El compuesto de mercurio orgánico más común que generan los microorganismos y los procesos naturales a partir de otras formas es el metilmercurio. El metilmercurio es particularmente problemático porque puede acumularse en algunas partes comestibles de peces de agua dulce y agua salada y en mamíferos acuáticos en niveles mucho más altos que los niveles del agua que los rodea.

El mercurio es minado en forma de mineral de cinabrio, que contiene sulfuro de mercurio. El mercurio metálico líquido tiene muchos usos diferentes. Se usa en la producción de cloro gaseoso y soda cáustica, y en la extracción de oro de minerales o de artículos que contienen oro. También se usa en termómetros, barómetros, baterías e interruptores eléctricos. Las empastaduras bucales de color plateado contienen típicamente cerca de 50% de mercurio metálico. Algunos compuestos de mercurio inorgánico se usan como fungicidas. Otras sustancias químicas que contienen mercurio aun se usan como bactericidas. Estos productos incluyen al mercurocromo (contiene una pequeña cantidad de mercurio, 2%) y timerosal y nitrato fenilmercúrico, los que se usan en pequeñas cantidades como preservativos en algunos medicamentos. El sulfuro mercúrico y el óxido mercúrico pueden usarse para dar color a pinturas, y el sulfuro mercúrico es uno de los agentes para dar color rojo a tatuajes.

El metilmercurio es producido principalmente por microorganismos (bacterias y hongos) en el ambiente y no por actividad humana. Hasta la década de los 1970s, los compuestos de metilmercurio y etilmercurio se usaron para proteger las semillas de granos contra infecciones de hongos.

1.1.2.2 Toxicidad

El mercurio puede ingresar al organismo por las siguientes vías: inhalatoria, oral y dérmica. La vía oral es la principal vía de exposición ya que se absorben del 90 al 95% en el tracto gastrointestinal.

La toxicidad del mercurio se encuentra directamente relacionada a su unión covalente con los grupos sulfhidrilos (SH) también tiene afinidad a los grupos carboxilos, amidas, aminas, lo que contribuye a su toxicidad a nivel de la membrana citoplasmática esta posee grupos sulfhidrilos que son esenciales para las propiedades normales de permeabilidad y transporte.

Inhibe enzimas esenciales como las catalasas plasmáticas, asimismo afecta la homeostasis del ión calcio, incluso en exposiciones a corto plazo (menores a 24 horas) produciendo muerte neuronal.

A. Intoxicación aguda La exposición de corto plazo a altos niveles de vapores de mercurio elemental puede causar efectos tales como, náuseas, vómito, diarrea, aumento de la presión sanguínea, reacciones alérgicas en la piel e irritación de los ojos.

1.1.2.3 Ciclo Biogeoquímico

El ciclo biogeoquímico del mercurio comienza con su liberación al medio a partir de la erosión de rocas que contienen dicho metal. De ahí, pasa tanto a las aguas superficiales como subterráneas llegando finalmente a los océanos. En ambos medios, corteza terrestre y océanos, allí tienen lugar reacciones de desgasificación y volatilización del mercurio, pasando de este modo a la atmósfera. A diferencia de los ciclos de otros metales, el ciclo del mercurio posee una fase atmosférica dominante. Estudios realizados, estiman que las emisiones naturales de gases son las responsables de dos tercios del mercurio que existe en la atmósfera, siendo las liberaciones provocadas por el hombre un tercio del total. Pero, publicaciones más recientes estiman que entre el 40 y 75% del mercurio atmosférico tiene como origen fuentes antropogénicas. Estas fuentes principalmente proceden de la combustión del carbón, la explotación minera, la industria metalúrgica, la incineración de residuos y las plantas cloro-álcali (Gaona, 2004).

El mercurio una vez que se encuentra en la atmósfera puede recorrer grandes distancias, transformándose durante el trayecto mediante procesos de foto-oxidación en compuestos solubles que precipitan pudiendo pasar de este modo a la biosfera. Además existe una deposición seca de partículas y mercurio gaseoso sobre los suelos y vegetación. Este ciclo se encuentra representado en la Figura: Ciclo del Hg en la biosfera y fenómenos de especiación.

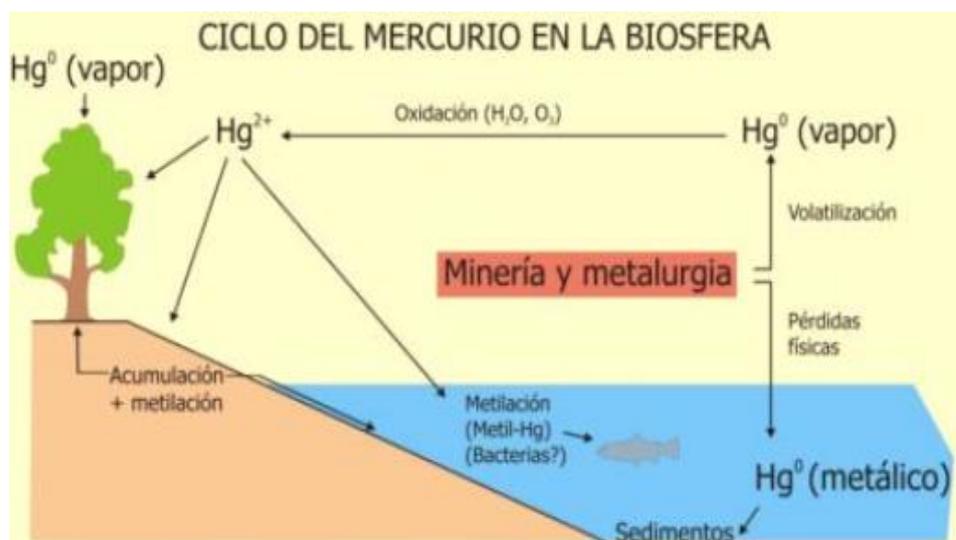


Figura 1. Ciclo del Hg en la biosfera y fenómenos de especiación

1.1.3 El agua

El agua es un líquido compuesto de oxígeno (O) e hidrógeno (H_2); su fórmula es H_2O tiene disueltos diversos minerales y materias orgánicas que le dan color, olor y sabor peculiares, se presentan en estado líquido, gaseoso (vapor atmosférico = nubes) o sólido (hielo). Un 71% de la superficie de la tierra es agua, de las cuales el 97% del volumen se encuentra en los océanos sólo aproximadamente 3% de toda el agua del mundo es agua dulce, y 0.003% del volumen total del agua de la tierra está disponible. En donde la agricultura y la ganadería son los mayores consumidores de agua (92%) del agua disponible, mientras que la población consume 6%, la industria 1% y otro tanto la minería (Soldevilla et al., 1978).

El agua y contaminación durante el siglo XX, el incremento de la minería, del sector industrial, así como el incremento de las poblaciones ubicadas en las proximidades de los ríos, ha dado lugar a la contaminación de muchos cursos fluviales a lo largo y ancho de país, incluyendo diversas áreas del litoral. La contaminación del agua se produce en forma directa, a través de equequias, ductos y desagües el destino de la mayor parte de las emisiones son los ríos y el mar se calcula que el 86% de los vertimientos domésticos no reciben ningún tipo de tratamiento en el Perú (Navarro et al., 1996).

1.1.3.1 Contaminación de ríos un riesgo para la salud humana

El riesgo para la salud de la población es más preocupante en las áreas periurbanas en las partes medias de las cuencas, donde la contaminación del agua es especialmente preocupante. Algunos poblados del sector pobre de estas zonas toman agua de los ríos o canales de riego, que son abastecidos con agua de los ríos. Esta población se encuentra expuesta a los residuos y contaminantes químicos, físicos y microbiológicos sobre todo los niños sufren de enfermedades diarreicas y muchos metales pesados son cancerígenos a largo plazo.

La contaminación de agua (ríos, lagos y mares) es producida, principalmente, por cuatro vías: vertimiento de aguas servidas, basura, relaves mineros, y de producto químicos.

- **Vertimiento de aguas servidas**

La mayor parte de los centros urbanos vierten directamente los desagües (aguas negras o servidas) a los ríos, a los lagos y al mar. Este problema es generalizado los desagües contiene excrementos, detergentes, residuos industriales, petróleo, aceites y otras sustancias que son tóxicas.

- **Vertimiento de basuras y desmonte en las aguas**

Es costumbre generalizada el vertimiento de basuras y desmontes en las orillas del mar, los ríos y los lagos, sin ningún cuidado y en forma absolutamente desordenada. Este problema se produce especialmente cerca de las ciudades e industrias. La basura contiene plásticos vidrios, latas y restos orgánicos, que no se descomponen o al descomponerse producen sustancias tóxicas.

- **Vertimiento de relaves mineros**

Esta forma de contaminación de las aguas es muy difundida y los responsables son los centros mineros. Los relaves mineros contienen fierro, cobre, zinc, mercurio, plomo, arsénico y otras sustancias sumamente tóxicas para las plantas, animales y el ser humano.

El otro caso es los lavaderos de oro, por el vertimiento de mercurio en las aguas de ríos y quebradas.

- **Vertimiento de productos químicos y desechos industriales**

Consiste en la deposición de productos diversos (abonos, petróleo, aceite, ácidos, soda, aguas de formación o profundas, etc.) provenientes de las actividades industriales, en las de industrias diversas (curtiembres, textilerías).

1.1.3.2 Toma de muestra para parámetros físico químicos en agua

Las muestras deben ser tomadas en recipientes de plástico polipropileno directamente del cuerpo de agua. Antes se debe realizar el enjuague del frasco con un poco de muestra, agitar y desechar el agua de lavado corriente abajo. Este procedimiento tiene por finalidad la eliminación de posibles sustancias existentes en el interior del frasco que pudieran alterar los resultados. Tener en cuenta que las muestras se toman en contra corriente y colocando el frasco con un ángulo apropiado para el ingreso de agua. Abrir el envase y sumergirlo a unos 20 cm por debajo de la superficie para obtener 500ml de muestra y luego preservar; así mismo mantener la muestra en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.

1.1.3.3 Espectrofotometría de absorción atómica

La Absorción Atómica es una técnica capaz de detectar y determinar cuantitativamente la mayoría de los elementos de la tabla periódica. Sus campos de aplicación son, por tanto, muy diversos. Este método se puede aplicar para la determinación de ciertos metales tales como: antimonio, cadmio, calcio, cesio, cromo, cobalto, oro, plomo, níquel, entre otros. Se emplea en el análisis de aguas, análisis de suelos, bioquímica, toxicología, medicina, industria farmacéutica, industria alimenticia, industria petroquímica, etc. Este método consiste en la medición de las especies atómicas por su absorción a una longitud de onda particular. La especie atómica se logra por atomización de la muestra, siendo los distintos procedimientos utilizados para llegar al

estado fundamental del átomo lo que diferencia las técnicas y accesorios utilizados.

La técnica de atomización más usada es la de Absorción Atómica con flama o llama, que nebuliza la muestra y luego la disemina en forma de aerosol dentro de una llama de aire acetileno u óxido nitroso-acetileno.

1.1.4 Ecosistema calidad de agua

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 podría hablarse de dos tipos básicos de ecosistema: acuáticos y terrestres (Roldán & Ramírez, 2008).

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 (Roldán & Ramírez, 2008).

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 & Gonzáles, 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 (Ramírez *et al.*, 1997).

El Índice de Calidad del Agua (ICA), se calcula mediante la agrupación de los valores de algunos parámetros físicoquímicos 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.

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.

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 (León, 1992).

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 impacto en el medio ambiente (Salomons *et al.*, 1984). 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.

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. La industrialización condujo a un crecimiento de la urbanización muy localizada creando problemas en la calidad y en la cantidad del agua (Förstner, 1981). 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.

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.

Quispe (2013), en su tesis: “plan de minado subterráneo aplicado en la corporación minera Ananea s.a.” para obtener el título profesional de Ingeniero de minas en la Universidad nacional de Ingeniería, Lima_ Perú. y se propuso como objetivo principal conducir las operaciones mineras de tipo artesanal empírico de la empresa, hacia un modelo de operación de minería de mediana escala, con la consecuente generación de utilidades por la explotación

y tratamiento de minerales auríferos, con aplicación de un sistema de gerencia moderno, con controles de costos recomendables, buen ambiente laboral para el personal, tecnología de bajo costo operativo, logrando la mejor relación costo-beneficio que permita elevar la producción de mineral y que se puedan explotar leyes bajas de los filones auríferos de la mina, haciéndola sustentable Económicamente.

Las conclusiones que se arribó fueron: El objetivo es sincronizar la disponibilidad de los recursos que se tiene en el almacén para mejorar el plan de minado subterráneo en la Corporación Minera Ananea para mayor disponibilidad de extracción de mineral por la zona de Comuni21, Santa Ana y Balcón III y la misión de la administración tiene que conocer las funciones principales de la planificación: Reconocimiento constante del recurso mineral, Métodos de extracción, ritmos de explotación, secuencia de producción y leyes de corte.

Según Quispe (2013), Chute llamado también Shute en una instalación minera Consiste en parantes y un tabladillo alfombrado de forma trapezoidal que tiene una determinada pendiente que sirve para el lavado de oro, desde el punto de vista técnico, este sería conocido como planta de concentración gravimétrica mediante lavado de presión de agua. Partes de chute tolva, parrilla o zaranda, caja de tabulación, canalones.

1.1.5 Contaminación por metales pesados

La contaminación por metales pesados en los suelos se ha convertido en un grave problema ambiental, principalmente en localidades con alta industrialización y rápido crecimiento (Doležalová *et al.*, 2019), la cuestión de cuánta contaminación por metales puede ocurrir antes de dañar un ecosistema es bastante pertinente, especialmente porque, en condiciones apropiadas, los niveles ambientales

naturales de metales traza (Anderson & Morel, 1978), cualquier aumento por encima de las concentraciones naturales puede tener efectos perjudiciales (Engel *et al.*, 1983), como la obstrucción de las branquias en especies o la inestabilidad del sustrato son responsables de la disminución en muchos taxones afectados por los relaves, Pese a que los riesgos de la exposición a los metales pesados son conocidos, el problema sigue vigente especialmente en los países en desarrollo, los métodos de monitoreo ambiental son esenciales para la exposición a la contaminación por metales pesados.

1.1.6 Metales pesados en relaves mineros

Los metales pesados como el Pb, Fe, Cu, Zn, As, Cr, Cd, Mg, y algunos reactivos químicos utilizados en las plantas de tratamiento de minerales, en el corto plazo no se degradan, biológica ni químicamente en la naturaleza; por lo que son considerados tóxicos para la mayor parte de organismos, los compuestos que contienen metales pesados, se pueden alterar, pero los elementos metálicos permanecen en el ambiente, pudiendo ser acumulados como iones o como integrantes de compuestos orgánicos en los organismos por largos períodos de tiempo (Campos C., 1990), estos pueden variar en severidad dependiendo de si la mina está funcionando o está abandonada, los métodos de tratamiento utilizados, y la condiciones geológicas, por ejemplo el arsénico es un contaminante común en relaves y efluentes resultantes del procesamiento metalúrgico de minerales.

1.1.7 Estándares de calidad ambiental

Es 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 (Ley N° 28611).

1.2 Antecedentes

El agua es un recurso natural indispensable para la vida. Constituye una necesidad primordial para la salud, por ello debe considerarse uno de los derechos humanos básicos. En las sociedades actuales el agua se ha convertido en un bien muypreciado, debido a la escasez, es un sustento de la vida y además el desarrollo económico esta

supeditado a la disponibilidad de agua. El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración y su aparente abundancia hace que sea el vertedero habitual de residuos: pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc. La degradación de las aguas viene de antiguo pero ha sido en este siglo cuando se ha extendido este problema a ríos y mares de todo el mundo. La escasez del agua se debe fundamentalmente a: 1. La explosión demográfica 2. La contaminación, se ha incrementado al mismo ritmo que el desarrollo industrial, tanto las superficiales como las subterráneas 3. Al incremento de las demandas.

Se realizó un estudio de calidad de agua superficial del río San Pedro desde su origen cerca de la ciudad de Cananea, Sonora, México hasta el límite con Estados Unidos de América. Se analizó el potencial de hidrógeno (pH), la conductividad eléctrica, los sulfatos y metales pesados totales: Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn, realizada en los meses de abril y agosto de 1999, se hicieron únicamente dos muestreos. En ambas etapas se colectaron muestras de agua superficial en 8 estaciones de muestreo. Se comparó la calidad del agua. Con base en los resultados obtenidos, se observó la presencia de valores elevados de algunos metales pesados totales (Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn), conductividad eléctrica y sulfatos; así como valores bajos de pH en ambas etapas, en las estaciones de muestreo más cercanas a la explotación minera (específicamente al Depósito Concentradora Vieja). Dichos valores fueron superiores a los máximos permitidos establecidos en los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua. En orden de importancia, se encontró que la explotación minera de la región es la principal fuente de contaminación del río San Pedro. Las descargas de aguasnegras sin tratamiento provenientes de la ciudad de Cananea, se consideran como la segunda fuente de contaminación más importante de este río (Gómez *et al.*, 2004).

También se tiene un estudio sobre la influencia de la contaminación por metales pesados en algunas especies vegetales de las márgenes de un río minero que se realizó en un tramo de unos 14 km. aguas abajo de la mina. Se han analizado metales pesados (Fe, Mn, Zn, Cu y Pb) en agua, suelo, sedimento, y tres especies vegetales de la zona: menta (*Mentha rotundifolia*), junco (*Holoschoenus vulgaris*) y tifa (*Tipha latifolia*) (Soldevilla *et al.*, 1978).

Se realizó una evaluación de la contaminación por arsénico y metales pesados en suelo, sedimento y agua en una superficie de 105 km² entre Villa de la Paz y Matehuala, S.L.P. En esta localidad se ha explotado por poco más de 200 años un yacimiento de sulfuros polimetálicos tipo skarn de plomo (Pb), zinc (Zn) y cobre (Cu), lo que ha provocado que se hayan depositado un gran volumen de residuos mineros. Contaminación de suelos y sedimentos. Los análisis químicos de muestras de suelo reportaron concentraciones en los rangos de 19-17,384 mg/Kg arsénico, 15-7,200 mg/Kg cobre, 31-3,450 mg/Kg plomo y 26-6,270 mg/Kg zinc, mientras que en sedimentos de arroyos y de tanques de almacenamiento de agua pluvial las concentraciones encontradas varían de 20-28,600 mg/Kg arsénico, 50-2,160 mg/Kg plomo, 50-3630 mg/Kg cobre, y 110-5940 mg/Kg zinc. Las evidencias en campo, el análisis estadístico por componentes principales, la obtención de mapas de isoconcentración de arsénico y metales pesados en suelo y el análisis de los contaminantes al microscopio electrónico de barrido, permitieron identificar las principales fuentes de contaminación dentro del área de estudio: presas de jales históricas y activas, terreros, emisiones atmosféricas de antiguas plantas de fundición y depósitos históricos de escorias de fundición (Monroy *et al.*, 2002).

Estudios realizados en personas en el año 2000 por la autoridad de salud indicaron que estos depósitos ya no representaban un riesgo para la salud de la población de Chañaral, sin embargo la comunidad ha expresado preocupación por su salud como resultado del contacto con estos acopios. Esta tesis midió la exposición de las personas a través del contenido de metales en orina y evaluó la percepción de riesgo actual en esta comunidad, Se aplicó un cuestionario de exposición a metales y de percepción de riesgos personal y comunitario para la salud ambiental. Además, se les tomó una única muestra de orina para la medición de arsénico total, cobre, níquel, mercurio y plomo. En base a estándares y opinión de expertos se establecieron puntos de corte de normalidad para cada metal (5µg de Ni/l, 20 µg de Cu/l, 5 µg de Hg/l, 3 µg de Pb/l y 35 µg de As inorgánico/l) calculándose las prevalencias de sujetos que excedieron estos límites. Resultados: Los niveles medios de arsénico total (57,2 ± 76,8 µg/l) y de arsénico inorgánico (22,3 ± 16 µg/l) fueron mayores a lo reportado en poblaciones no expuestas pero similares a lo descrito en ciudades del norte de Chile expuestas ambientalmente a arsénico en agua potable (Antofagasta e Iquique); la concentración de níquel (3,0 ± 2,5 µg/l) fue también mayor de lo descrito

en poblaciones urbanas no expuestas pero similar a lo medido (en niños) de áreas expuestas a petcoke (Tocopilla y Mejillones); los niveles medidos de cobre ($20,2 \pm 11,5 \mu\text{g/l}$), mercurio ($2,2 \pm 2,3 \mu\text{g/l}$) y plomo ($2,1 \pm 7 \mu\text{g/l}$) excedieron lo descrito en la población general no expuesta pero también mayores que lo reportado en estudios internacionales en población expuestas ambientalmente. Las prevalencias de personas que superaron los valores de normalidad fueron: 44,8% para cobre, 29,4% para arsénico total, 21,1% para níquel, 16,9% para arsénico inorgánico, 9,3% para mercurio y 8,3% para plomo. El 71% de los entrevistados mostró alta percepción de riesgo comunitario por la contaminación química de aire, agua y suelos, mientras que el 49% mostró alta percepción del riesgo personal por la contaminación química del agua disponible dentro del hogar. De acuerdo a estas consideraciones éticas se torna necesario implementar acciones remediales en el plazo más breve factible, en consenso con la comunidad, la que podrá disponer de toda la información generada en esta tesis una vez aprobada por la Universidad de Chile (Ferrer, 2003).

Con objetivo de evaluar la calidad acuática de la bahía interior de Puno, se establecieron 12 estaciones de muestreo aleatoriamente, evaluadas mensualmente entre diciembre del 2010 a abril del 2011. Se determinaron parámetros fisicoquímicos utilizando a los nutrientes se determinaron mediante espectrofotometría. La temperatura, oxígeno disuelto, pH, fosfatos, nitratos y nitritos del agua indican que el área próxima a la salida de la laguna de estabilización de la ciudad (Isla Espinar) es una zona crítica de contaminación en la Bahía Interior de Puno. Los valores de transparencia del agua fueron bajos. La conductividad eléctrica del agua registró valores elevados. Los valores de alcalinidad fueron altos (75 – 150 mg/L) y muy altos (150 mg/L), indicando un alto contenido de carbonatos y bicarbonatos. La dureza total registrada indica aguas duras (121 – 180 mg/L) y muy duras (180 mg/L). Las altas cantidades de coliformes fecales (*E. coli*) en aguas cercanas a la Isla Espinar serian el resultado de las descargas de aguas residuales de la ciudad de Puno, sin un tratamiento adecuado (Beltrán *et al.*, 2015).

La licuefacción de los residuos minero-metalúrgicos sólidos debido a los terremotos es la segunda causa de falla de las presas de relaves a nivel mundial y la principal causa en Perú. Siendo las presas más afectadas las que se construyen por el método de aguas arriba. El principal problema que favorece el proceso de licuefacción es la existencia de un alto grado de saturación en los relaves (Cetin *et al.*, 2018)

En los países industrializados, la contaminación de suelos y aguas subterráneas por el vertido incontrolado de residuos industriales es uno de los problemas más preocupantes que se plantean, ya que su eliminación no es fácil ni barata de realizar, y sus efectos persisten durante muchos años (Navarro *et al.*, 1996).

Los niveles de concentración de Pb, Cd, Cu, Ni y Zn así como la distribución de Pb en suelos de una zona cercana a una planta de reciclaje de baterías ácidas en Madrid (España) donde recientemente se produjo un grave episodio de muerte de ganado equino con evidentes síntomas de intoxicación por plomo. Las concentraciones totales de Pb y Cd en suelos disminuyeron con la distancia a la planta (5906 a 171 mg Pb/kg suelo y 11.0 a 1.58 mg Cd/kg suelo) en muestras tomadas de 40 a 400 m. respecto a la planta. El estudio de extracción secuencial química puso de manifiesto que en estos suelos el plomo aparece fundamentalmente en fracciones no residuales, representando más del 96 % del contenido total en los suelos más contaminados. El vertido de efluentes ácidos de la planta de reciclaje disminuyó drásticamente el pH de los suelos afectados (de aprox. 7.0 a 3.14) y elevó los contenidos de Pb en la fracción soluble ó intercambiable llegando a alcanzar el 37 % del contenido total de Pb en el suelo (Cala & Kunimine, 2011).

Se señalan también algunas alternativas y reglamentación para la aplicación de los plaguicidas químicos y para el manejo de los envases y residuos de estos productos, así como la implementación de la agricultura orgánica y el uso de bioplaguicidas para el control de plagas y enfermedades. La información reflejó una alta cantidad de sustancias tóxicas provenientes de la actividad agrícola al ambiente, por lo que el riesgo de que los residuos plaguicidas contaminen al suelo, sistemas lagunares y mantos acuíferos es también alta, por esta razón es oportuno realizar trabajos de investigación, acciones y aplicación de las normas regulatorias exigentes a fin de bajar los aportes de estas sustancias en el ambiente riesgo ambiental (Ferrer, 2003).

En el Perú se viene trabajando en materia de residuos sólidos mineros del proceso de flotación de minerales desde el año 2000, donde el Ministerio de Energía y Minas comienza a realizar el inventario de los pasivos ambientales relacionados con las labores mineras abandonadas donde se involucra a las aguas ácidas, botaderos, bocaminas y relaves mineros, respectivamente (Romero *et al.*, 2008).

La eliminación inadecuada de desechos del procesamiento del mineral es uno de los principales insumos de los metales a los ríos donde se transportan en forma disuelta o en forma de partículas. Los metales pesados y el arsénico de desechos ricos en metales pueden alcanzar niveles peligrosos para los seres humanos y los ecosistemas, y constituir una influencia negativa en el desarrollo sostenible. El presente estudio se centra en determinar las concentraciones y la especiación de arsénico, cadmio, cobre, plomo, zinc y hierro en partículas disueltas y suspendidas producidas por la entrada combinada de desechos de la mina y aguas residuales urbanas en el río Taxco. Se recolectaron muestras de agua a lo largo del río en las estaciones seca y lluviosa (Méndez *et al.*, 2008)

Se desarrolló un modelo conceptual para la gestión del riesgo de contaminación físico química del suelo en la vereda Rasgatá Bajo. Esta vereda del municipio de Tausa, en Cundinamarca, está en la zona limítrofe del declarado por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca en 2009, Distrito Regional de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables Páramo Guargua y Laguna Verde (Guerrero & Pineda, 2016).

Los pasivos ambientales mineros (PAM) se refieren a “un área donde existe la necesidad de restauración, mitigación o compensación por un daño ambiental o impacto no gestionado, producido por actividades mineras inactivas o abandonadas que pone en riesgo la salud, calidad de vida o bienes públicos o privados (Arango & Olaya, 2012).

Ferrero (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.

En las operaciones mineras en Ananea se han establecido varias organizaciones mineras dedicadas a la extracción del oro bajo diversas modalidades. 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 (Alvarez, 2018).

Regalado *et al.* (2014) 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 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.

En el Proyecto Especial Lago Titicaca realizó investigaciones referidas a la contaminación del 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 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 (PELT, 1999).

Investigadores de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima en 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 determino 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 mas 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 (Condori, 2018).

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 los valores superan para aguas de irrigación de 0.01 mg/L (Alvarez, 2018).

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, pirita, 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 ng l-1 a 81 ng l-1), decreciendo luego a unos 0.45 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 ng l-1) hasta la confluencia del Riachuelo Cecilia donde se registro la mas alta concentración de mercurio (375 ng l-1) disminuyendo luego nuevamente hasta los límites detectables (34 ng l-1) a partir de Crucero hasta la desembocadura del Río Ramis en el Lago Titicaca.



La cuenca del río Ramis esta 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, Azángaro, 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 (Vilcha, 2006).

.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación 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.

La Zona Aurífera de Puno comprende un área de 6,738 Km². 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.

En estos últimos años los conflictos sociales han tomado mayor auge, respecto al tema ambiental, siendo un factor importante para la desconfianza de la población frente a la Minería. Las preocupaciones y la desinformación entorno al tema ambiental, se ven reflejadas en un alto índice de conflictividad social. Entonces ¿Qué hacer para promover la minería en el país y hacer que esta siga siendo exitosa? Una respuesta rápida a esta interrogante sería evitar que opiniones negativas se trasladen sobre toda la actividad minera y sobre todo considerar que un tema muy tocado en los últimos conflictos sociales es el tema de contaminación ambiental donde específicamente indican contaminación por metales pesados.

El canal Gavilan es el efluente de toda la actividad minera en la Rinconada que mediante un canal va hasta Ananea para abastecer con esta agua otros proyectos mineros y la laguna Sillacunca es donde se capta los efluentes mineros del trabajo en chutes su efluente de la laguna va hacia Ananea y aguas abajo.

2.2. Enunciados del problema

2.2.1 Problema Científico

- ¿Cuál es el grado de concentración ocasionado por metales y metaloides en las aguas del canal Gavilan y la laguna de Sillacunca?

2.2.1 Problema general

- ¿Qué metales y metaloides se encuentran en mayor concentración en las aguas del canal Gavilan y la Laguna Sillacunca?

2.2.3 Problemas específicos

- ¿Caracterización de metales y metaloides de las aguas del canal Gavilan de oro y la laguna Sillacunca en la zona de Ananea?
- ¿Qué metales y metaloides se encuentran en mayor concentración en las aguas del canal Gavilan y la Laguna Sillacunca?

2.3 Justificación

Tomando en cuenta que en su mayoría, los efluentes de mina son de carácter ácido, la presente tesis se ha enfocado en el estudio de la caracterización de metales y metaloides en las aguas del canal Gavilán y la laguna Sillacunca que sin conocer la concentración y sin el manejo ambiental adecuado ocasionaría una alteración de las aguas superficiales en la zona.

La minería es una actividad que les ayuda a mejorar la economía para los socios trabajadores, como también para el distrito de Ananea mediante el proyecto de explotación minera, Pero es necesario conocer la caracterización de metales y metaloides en los efluentes mineros e implementar en sus planes de contingencia, formando parte de una estrategia para impulsar el desarrollo económico.

La contaminación por metales pesados es causada cuando algunos metales como el arsénico, el cobalto, el cobre, el cadmio, el plomo, la plata y el zinc, contenidos en las morrenas y que entran en contacto con el agua. Los metales son extraídos y transportados, mientras el material es lavado con agua posteriormente la adición de insumos químicos genera contaminación en las aguas.

Debido a su toxicidad por la presencia de metales pesados en aguas de lavado y su posterior amalgamación representa un serio problema de salud para los propios trabajadores, la mala gestión ambiental de los residuos mineros ocasionaría efectos en la salud a los moradores de las poblaciones cercanas, lo cual implica elevar los gastos en tratamientos médicos, disminución de la capacidad productiva de los moradores y desde luego repercusiones económicas a nivel local y nacional.

La contaminación por metales tóxicos como el Plomo y por Cadmio afecta al sistema nervioso central, lo cual se traduce en retraso mental. Esto tiene particular importancia sobre todo en la población infantil y adolescente pues está asociado al desarrollo de la capacidad intelectual de la población afectada y a la larga tendría un serio impacto en el intelecto de los pobladores de aguas abajo como Ananea y por consiguiente en las posibilidades de desarrollo a todos los niveles de las poblaciones agua abajo.

El conocimiento pues de los niveles de contaminación por metales pesados en las aguas del canal Gavilán de oro y la laguna de Sillacunca de Ananea permitiría la toma de

decisiones adecuadas en el campo de la salud, el medio ambiente y el desarrollo sostenible de la minería.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

- Evaluar la concentración de metales tóxicos en las aguas del canal Gavilán de Oro y Laguna de Sillacunca para conocer la contaminación ambiental en la Zona de Ananea.

2.4.2 Objetivos específicos

- Conocer el grado de concentraciones de metales y metaloides en el canal Gavilán de Oro y la laguna de Sillacunca comparando con los estándares de calidad de Agua.
- Identificar que metales y metaloides se encuentran en concentraciones elevadas en el canal Gavilán y en el efluente de la laguna de Sillacunca para conocer el grado de contaminación por metales tóxicos en aguas.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

- La elevada concentración de metales tóxicos en las aguas del canal Gavilán de Oro y Laguna de Sillacunca determinará la contaminación ambiental en la Zona de Ananea.

2.5.2 Hipótesis específicas

- Las concentraciones de metales y metaloides permitirá conocer si superan los estándares de calidad de Agua.
- La evaluación de las aguas del canal Gavilán de Oro y Laguna de Sillacunca determinará la contaminación por metales tóxicos en aguas.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El alcance de la presente investigación se circunscribe a realizar la evaluación del agua del canal Gavilán de oro y la laguna de Sillacunca en la zona de Ananea – Provincia de San Antonio de Putina. Exactamente entre las zonas paralelas de generación de riachuelo en Ananea. A partir de la caracterización de metales en muestras en agua.

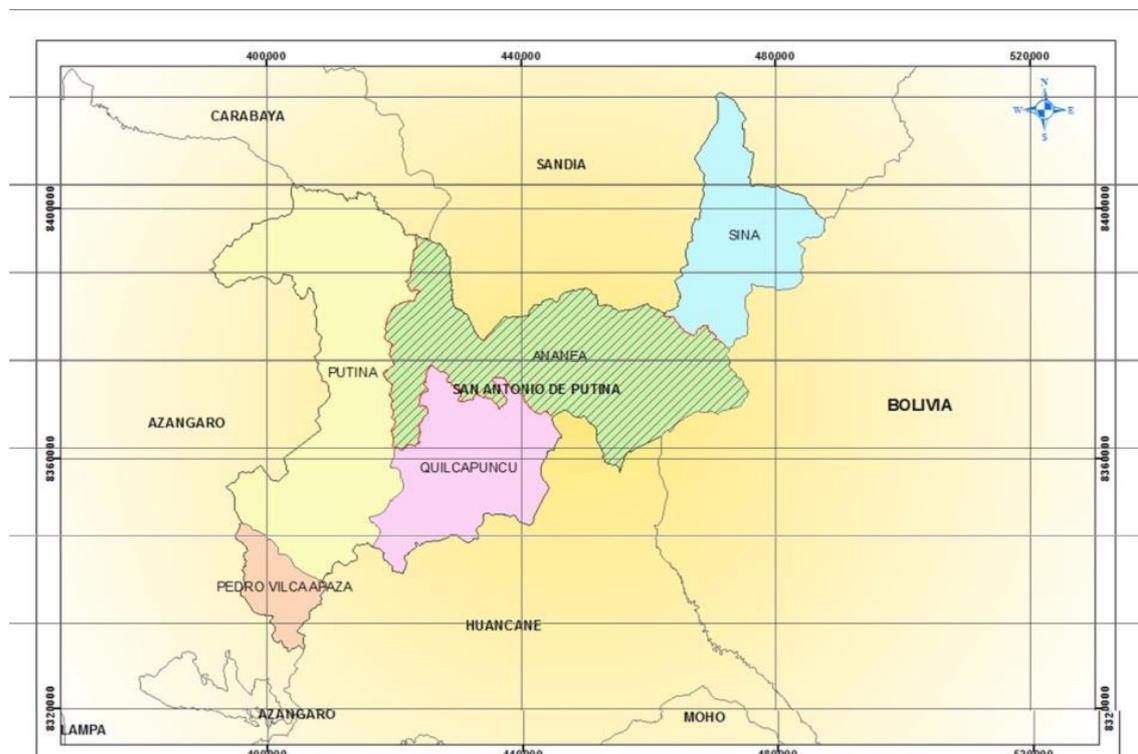


Figura 2. Mapa de Ananea

El estudio ambiental del canal Gavilán de oro y la laguna de Sillacunca permite conocer los niveles de contaminación de la zona.

Canal Gavilán este canal de aguas provenientes de los glaciares tiene una longitud aproximada de 10 kilómetros con un caudal de 2,20 l/s en épocas de estiaje y 300 l/s en épocas de avenida y/o lluvias; el canal inicia en Rinconada y llega a Ananea.

Presas o laguna Sillacunca es una laguna artificial donde se captan las aguas de las operaciones de pampa blanca y rebombados a proceso de tratamiento con chutes. De la laguna se genera un efluente hacia Ananea generando un riachuelo con un caudal de 2,32l/s.

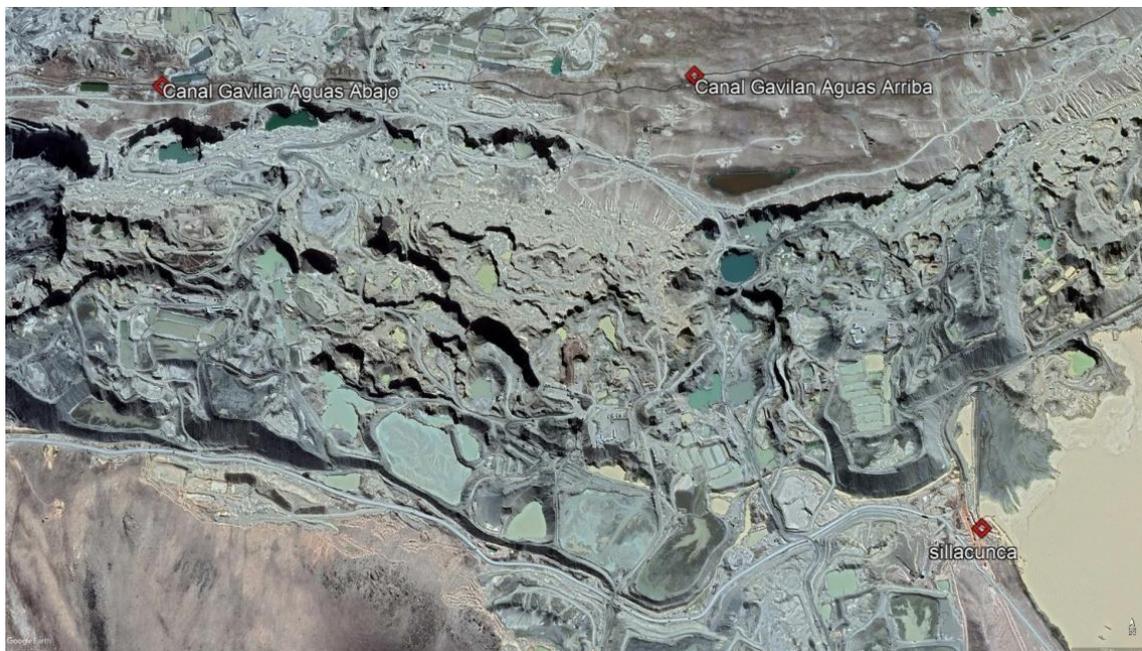


Figura 3. Área de Estudio del canal Gavilán de oro y la laguna de Sillacunca

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

Tabla 1

Código de los puntos de muestreo

Código	Punto	COORDENADAS		
		UTM WGS84 19L		ALTITUD (msnm)
		ESTE (m)	NORTE (m)	
PM1	Canal Gavilán	0445865	8377333	4180
	aguas arriba			
PM2	Laguna	373985	8416554	4160
	Sillacunca			
PM3	Canal Gavilán	0444446	8377267	4168
	aguas arriba			



Figura 4. Mapa De Ubicación De Puntos



Figura 5. Canal Gavilán de Oro



Figura 6. Vista de la Laguna Sillacunca

3.2 Población

La población es el río Ramis que 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.

3.3 Muestra

La muestra estuvo constituida por tres puntos. El punto de muestreo N° 1 se realiza en el Canal Gavilan de oro antes del ingreso a otros proyectos mineros en Ananea y el punto N° 2 en el punto en la Salida de la laguna Sillacunca en la zona de Ananea, El punto de muestreo N° 3 se realiza en el Canal Gavilan de oro aguas abajo del ingreso a otros proyectos mineros en Ananea San Antonio de Putina- Puno.

Para realizar el trabajo de investigación, se ha seleccionado 03 puntos de muestreo, tomando como criterio de que existe un transporte de contaminantes desde la zona de Rinconada hacia Ananea y en la Laguna de Sillacunca que lo utilizan como poza de sedimentación de lodos el punto de muestreo es el punto que genera el inicio del efluente de la laguna.

La toma de muestras se realizara: Puntos de Muestreo:

- Muestra 1: Canal Gavilan
- Muestra 2: A la salida de aguas de la laguna Sillacunca
- Muestra 3: Canal Gavilan aguas abajo

Se realizara un muestreo simple y al Azar por el investigador.

3.3.1 Técnicas de muestreo

Es de acuerdo a la normatividad

- Protocolo Nacional de muestreo
- Protocolo para monitoreo de aguas.

3.3.2 Muestreo

Para la realización de cualquier tipo de muestreo, previamente se debe elaborar un plan de muestreo que contenga la información y programación relacionada con los objetivos del muestreo.

Para el plan del muestreo de aguas, es necesario definir claramente los objetivos que permitan un óptimo proceso de levantamiento de la información necesaria para la descripción del sitio, definiendo:

- El área en la que se focalizarán los esfuerzos de muestreo,
- Objetivos del plan de muestro,
- Los tipos de muestreo según los objetivos definidos
- Los procedimientos de campo,
- Los métodos de conservación de muestras, y
- Las necesidades analíticas a desarrollarse.

De esta forma los muestreos se realizaran 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 en un conservador de “plastofom” 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 acreditado de la Católica de Arequipa.

3.4 Métodos de investigación

El tipo de estudio es cuantitativo, de acuerdo a Hernández Sampieri et al. (2014) este tipo de estudio utiliza la recolección de datos para probar hipótesis en base a la medición numérica, y en efecto nuestro estudio a través de la recolección y análisis de muestras verificó la caracterización fisicoquímica de metales tóxicos.

El diseño corresponde a un estudio experimental con método de campo y laboratorio, en estos estudios se trabajan con grupo de muestras en laboratorio para verificar las hipótesis.

Y respecto al alcance del estudio, este es Descriptivo; al respecto este alcance busca caracterizar y especificar ciertas propiedades de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis (Hernández Sampieri et al., 2014), y el estudio buscó describir las fisicoquímica de metales tóxicos.

Finalmente respecto a la forma y tiempos de recolección de información el estudio es transversal, porque el recojo de muestras se hizo durante un corte de tiempo específico.

3.4.1 Operacionalización de variables

Variable independiente.

- (Vi) (causa): Concentración de elementos

Variable dependiente.

- (Vd) (efecto): Agua de canal y efluente de Laguna

Tabla 2

Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Unidades
1. (Vi)	1.1 Características	1.1.1	1.1.
- Concentracion	-	ELEMENTO	(Elemento)
	químicas de	S	1.2 (mg/L)
	agua	QUIMICOS	
	1.2 Concentración	1.1.2 Concentración	
	de metales y	1,1.3 Ubicación	
	metaloides		
2. (Vd) Agua	2.1 ECA de Agua	2.1.1 ECAS.	2. (mg/L)

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1 Instrumentos de investigación

- **Análisis químico**

Para el análisis químico de metales de las muestras se aplicó la metodología de laboratorio por espectrometría de emisión atómica y/o por acoplamiento inductivo

plasma, en el laboratorio acreditado de Ensayo y Control de Calidad de la Universidad Católica Santa María – Arequipa – Perú.

Los equipos de campo utilizados fueron:

- GPS
- Multiparametro
- Cámara fotográfica
- pHmetro

Para esta investigación se emplearon los siguientes materiales y herramientas:

- Equipos de protección personal (Casco, Maluco, Respirador, guantes, zapatos de seguridad, lentes de seguridad, bloqueador solar)
- Botellas de PVC
- Wincha métrica
- Plumone
- Bolsas con cierre hermético
- Cuaderno de apuntes
- Tablero
- Hojas
- Lapicero y lápiz
- Laptop

3.5.2 Determinaciones en laboratorio

El presente estudio de investigación evaluó la presencia de metales tóxicos, por ser de interés debido a su toxicidad relativa a la calidad de agua.

Para el análisis químico de los metales pesados y metaloides presentes en las aguas de canal Gavilán y la laguna Sillacunca y se tomaron los servicios del laboratorio acreditado

- EPA (United States Environmental Protection Agency).

3.5.3 Evaluación de los datos

Se realizara una evaluación de comparación de los datos con los estándares de calidad ambiental en agua, de acuerdo a la norma:

- ECAS MINAM
- Protocolo de muestreo del ANA

3.5.4 Evaluación de calidad de agua

Contemplando un programa de toma de muestras de tipo estacional. En las aguas se determinaron los contenidos de metales en el canal Gavilan y en el efluente de la laguna Sillacunca. Se seleccionaron 03 sitios de muestreo representativos y se ubicaron los puntos para el muestreos de la concentración de los metales pesados en un tramo del canal Gavilan y en el efluente de la laguna identificando las diversas actividades antrópicas en el área de estudio y a lo largo de la zona de estudio.

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 fueron 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.

3.5.5 Procedimiento analítico

Los análisis se realizaron según los procedimientos del laboratorio de la Universidad Católica de Arequipa, para la determinación de metales pesados en agua se utilizó el método:

Método de ensayo Aplicado

- EPA Metodo 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-AES.

Tabla 3

Especificación para el procedimiento de recolección

Puntos de Muestreo	Código	Numero de Muestras de Agua de	Elementos Analizados	Lugar de muestreo	Tipo de Envase - Volumen
PM1	ANA29E19.004018	Canal 1	- Metales	Canal Gavilan	Plastico-1L
PM2	ANA29E19.004018B	Efluente Escorrentía 1	- Metales	Laguna Sillacunca	Plastico-1L

PMA3	NA29E19.004018C	Canal 1 - Metales	Canal Gavilan	Plastico-1L
------	-----------------	-------------------	------------------	-------------

3.5.6 Diseño estadístico

Se considerará la evaluación de metales en agua del canal Gavilán y del efluente de la laguna del 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 se utiliza una comparación con los estándares; por lo cual solo fue necesario el uso de la estadística descriptiva.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar los resultados generales de los estudios de las muestras conforme los informes de ensayo cito en los anexos; se pueden resumir mediante las siguientes tablas:

Tabla 4

Consolidado de resultados del laboratorio-parte 1

Código	Ag MT (mg/L)	Al MT (mg/L)	As MT (mg/L)	B MT (mg/L)	Ba MT (mg/L)	Be MT (mg/L)	Ca MT (mg/L)
ANA29E19.004018	0.000	15,660	0,204	0,014	0,0036	0,011	86,580
ANA29E19.004018B	0.000	0,000	0,013	0,010	0,0030	4,851	0,000
ANA29E19.004018C	0.000	13,520	0,275	0,016	0,0039	0,011	103,800

Tabla 5

Consolidado de resultados del laboratorio-parte 2

Código	Cd MT (mg/L)	Co MT (mg/L)	Cr MT (mg/L)	Cu MT (mg/L)	Fe MT (mg/L)	K MT (mg/L)	Li MT (mg/L)
ANA29E19.004018	0.000	0,299	0,000	0,015	34,200	5,388	0,078
ANA29E19.004018B	0.020	0,000	0,000	0,931	1,191	0,027	2,255
ANA29E19.004018C	0.000	0,410	0,000	0,018	39,630	6,299	0,092

Tabla 6

Consolidado de resultados del laboratorio-parte 3

Código	Mg MT (mg/L)	Mn MT (mg/L)	Mo MT (mg/L)	Na MT (mg/L)	Ni MT (mg/L)	P MT (mg/L)	Pb MT (mg/L)
ANA29E19.004018	21,650	5,356	0,000	10,030	0,771	0,000	0,000
ANA29E19.004018B	0.165	0,000	2,356	0,024	0,000	0,000	0,000
ANA29E19.004018C	22,560	5,977	0,000	10,780	0,925	0,000	0,000

Tabla 7

Consolidado de resultados del laboratorio-parte 4

Código	Sb MT (mg/L)	Se MT (mg/L)	Si MT (mg/L)	Sn MT (mg/L)	Sr MT (mg/L)	Ti MT (mg/L)	Tl MT (mg/L)
ANA29E19.004018	0,000	0,000	22,610	0,000	0,811	0,000	0,000
ANA29E19.004018B	0,000	10,050	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000
ANA29E19.004018C	0,000	0,000	26,180	0,000	0,949	0,000	0,000

Tabla 8

Consolidado de resultados del laboratorio-parte 5

Código	V MT (mg/L)	Zn MT (mg/L)	Hg MT (mg/L)
ANA29E19.004018	0,000	2,114	0,000
ANA29E19.004018B	0.019	0,000	0,000
ANA29E19.004018C	0,000	2,574	0,000

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

4.1.1. Contaminación del agua

Para la comparación de la calidad de agua es importante considerar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, donde en la categoría 4 referido a la conservación del ambiente acuático, tenemos lo siguiente:

Tabla 9

Parámetros de la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riesgo de vegetales		Bebidas de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	
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	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

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Teniendo los parámetros de la tabla anterior, pasamos a presentar la comparación de los resultados obtenidos:

Tabla 10

Comparación de los estándares con los resultados de Laboratorio - M1

Parámetros	Unidades	ECA	Resultado Canal- M1
Aluminio	mg/L	5	15,660
Arsenico	mg/L	0,2	0,204
Bario	mg/L	--	0,036
Berilio	mg/L	0.1	0,011
Boro	mg/L	5	0,014
Cadmio	mg/L	0,05	0,000
Cobre	mg/L	0,5	0,015
Cobalto	mg/L	1	0,299
Cromo total	mg/L	1	0,000
Hierro	mg/L	--	34,200
Litio	mg/L	2,5	0,078
Magnesio	mg/L	250	21,650
Manganeso	mg/L	0,2	5,356
Mercurio	mg/L	0,01	0,000
Niquel	mg/L	1	0,771
Plomo	mg/L	0,05	0,000
Selenio	mg/L	0,05	0,000
Zinc	mg/L	24	2,114

Fuente: ECAS MINAM – Laboratorio acreditado

Tabla 11

Comparación de los estándares con los resultados de Laboratorio – M2

Parámetros	Unidades	ECA	Resultado Silacunca- M2
Aluminio	mg/L	5	0,000
Arsenico	mg/L	0,2	0,013
Bario	mg/L	--	0,003
Berilio	mg/L	0.1	4,851
Boro	mg/L	5	0,010
Cadmio	mg/L	0,05	0,020
Cobre	mg/L	0,5	0,931
Cobalto	mg/L	1	0,000
Cromo total	mg/L	1	0,000
Hierro	mg/L	--	1,191
Litio	mg/L	2,5	2,255
Magnesio	mg/L	250	0,165
Manganeso	mg/L	0,2	0,000
Mercurio	mg/L	0,01	0,000
Niquel	mg/L	1	0,000
Plomo	mg/L	0,05	0,000
Selenio	mg/L	0,05	10,050
Zinc	mg/L	24	0,000

Tabla 12

Comparación de los estándares con los resultados de Laboratorio – M3

Parámetros	Unidades	ECA	Resultado Canal- M3
Aluminio	mg/L	5	13,520
Arsenico	mg/L	0,2	0,2275
Bario	mg/L	--	0,039
Berilio	mg/L	0.1	0,011
Boro	mg/L	5	0,016
Cadmio	mg/L	0,05	0,000
Cobre	mg/L	0,5	0,018
Cobalto	mg/L	1	0,410
Cromo total	mg/L	1	0,000
Hierro	mg/L	--	39,630
Litio	mg/L	2,5	0,092
Magnesio	mg/L	250	22,560
Manganeso	mg/L	0,2	5,977
Mercurio	mg/L	0,01	0,000
Niquel	mg/L	1	0,925
Plomo	mg/L	0,05	0,000
Selenio	mg/L	0,05	0,000
Zinc	mg/L	24	2,574

En base a los cuadros anteriores 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 Arsénico en el canal Gavilán de oro se encuentra 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 Arsénico

Tabla 13

Análisis de Arsénico

Puntos de Monitoreo	Resultados	Peruana
	As	ECA Agua
Laguna Sillacunca	0.013	0.1
Canal Gavilan Aguas Arriba	0.204	0.1
Canal Gavilan Aguas Abajo	0.275	0.1

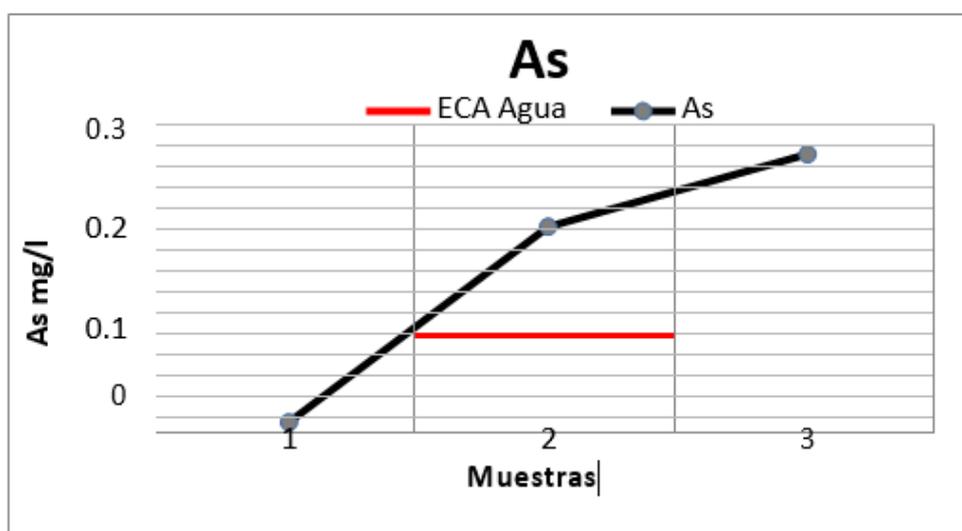


Figura 7. Resultados Arsénico Vs ECA AGUA

Las concentraciones de arsénico en el canal gavilán se encuentran por encima de los límites máximos 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° Conservación del ambiente acuático.

Por lo tanto definimos que el canal gavilán contiene en sus aguas arsénico en el punto M1 0,004 mg/l y en el punto M3 0,075 mg/l más que los niveles de concentración del ECA agua del MINAM.

4.2.2. Análisis de Zinc

Tabla 14

Análisis de Zinc

Puntos de Monitoreo	Resultados		Peruana
	Zn	ECA Agua	
Laguna Sillacunca	0	2	2
Canal Gavilan Aguas Arriba	2.114	2	2
Canal Gavilan Aguas Abajo	2.574	2	2

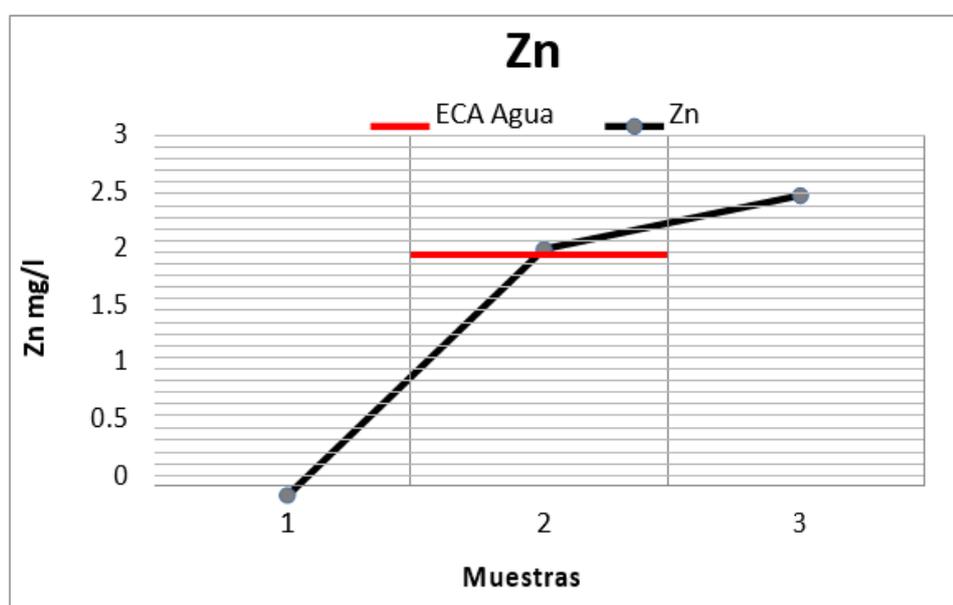


Figura 8. Resultados Zinc Vs ECA AGUA

4.2.3. Análisis de Niquel

Tabla 15

Análisis de Niquel

Puntos de Monitoreo	Resultados		Peruana
	Ni	ECA Agua	
Laguna Sillacunca	0	0.2	0.2
Canal Gavilan Aguas Arriba	0.771	0.2	0.2
Canal Gavilan Aguas Abajo	0.925	0.2	0.2

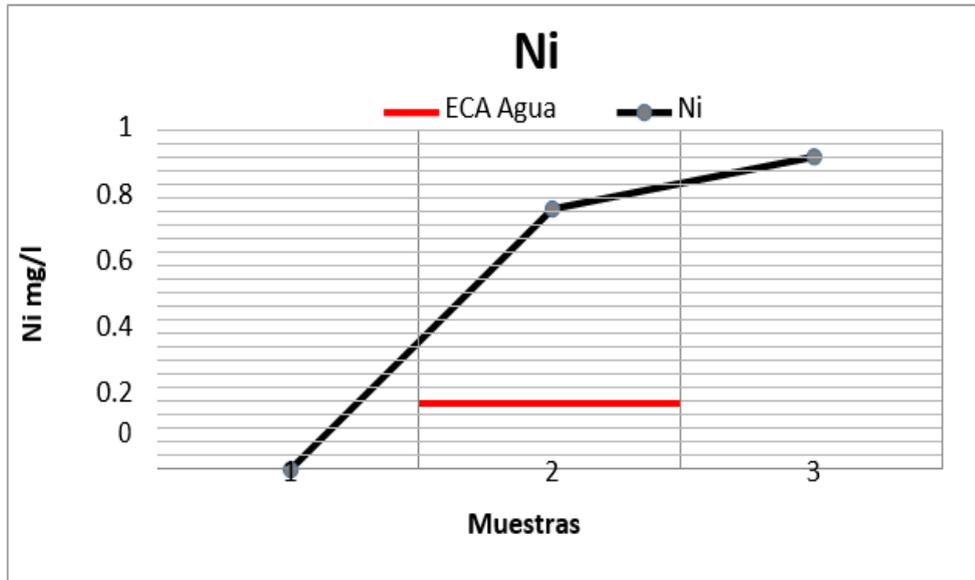


Figura 9. Resultados Niquel Vs ECA AGUA

4.2.4. Análisis de Manganeso

Tabla 16

Análisis de Manganeso

Puntos de Monitoreo	Resultados		Peruana
	Mn		ECA Agua
Laguna Sillacunca	0		0.2
Canal Gavilan Aguas Arriba	5.356		0.2
Canal Gavilan Aguas Abajo	5.977		0.2

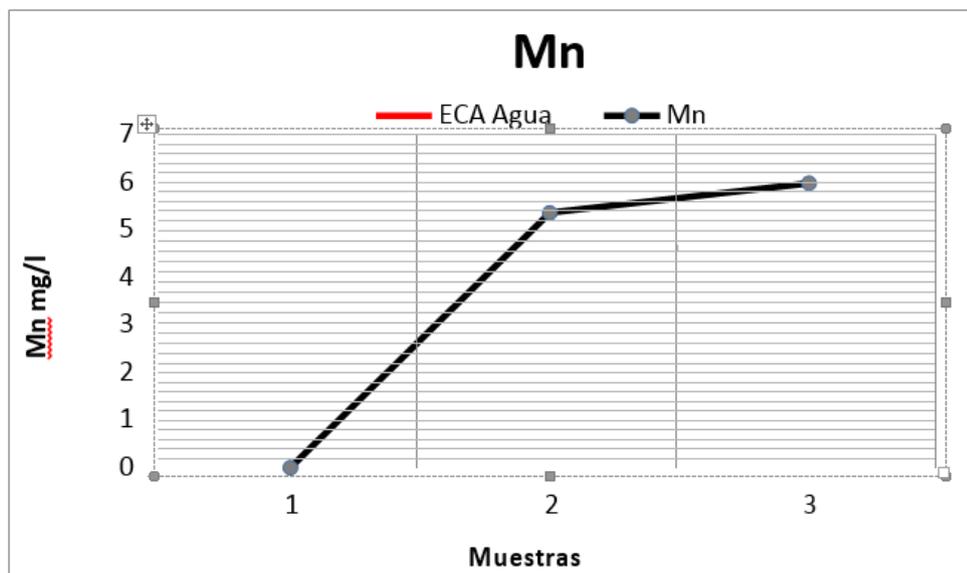


Figura 10. Resultados Manganeso Vs ECA AGUA

4.2.5. Análisis de Hierro

Tabla 17

Análisis de Hierro

Puntos de Monitoreo	Resultados		Peruana
	Fe		ECA Agua
Laguna Sillacunca	1.191		5
Canal Gavilan Aguas Arriba	34.2		5
Canal Gavilan Aguas Abajo	39.63		5

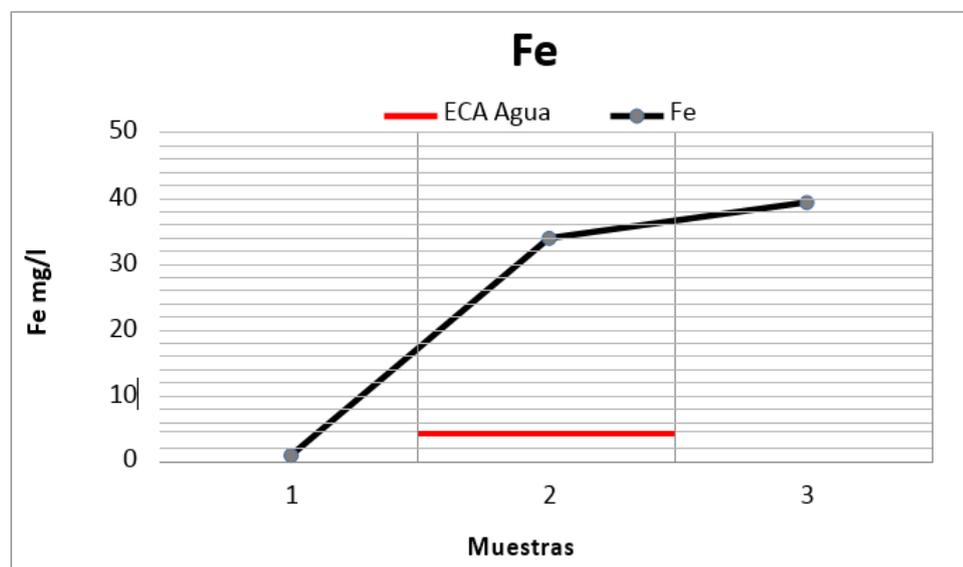


Figura 11. Resultados Fe Vs ECA AGUA

4.2.6. Análisis de Cobalto

Tabla 18

Análisis de Cobalto

Puntos de Monitoreo	Resultados		Peruana
	Co		ECA Agua
Laguna Sillacunca	0		0.05
Canal Gavilan Aguas Arriba	0.299		0.05
Canal Gavilan Aguas Abajo	0.41		0.05

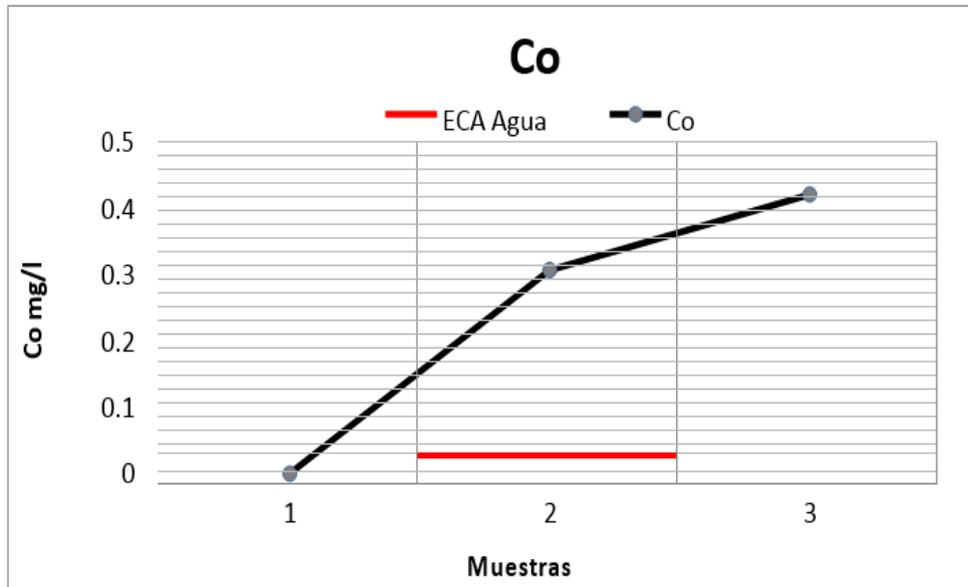


Figura 12. Resultados Cobalto Vs ECA AGUA

4.2.7. Análisis de Cobre

Tabla 19

Análisis de Cobre

Puntos de Monitoreo	Resultados	Peruana
	Cu	ECA Agua
Laguna Sillacunca	0.931	0.2
Canal Gavilan Aguas Arriba	0.015	0.2
Canal Gavilan Aguas Abajo	0.018	0.2

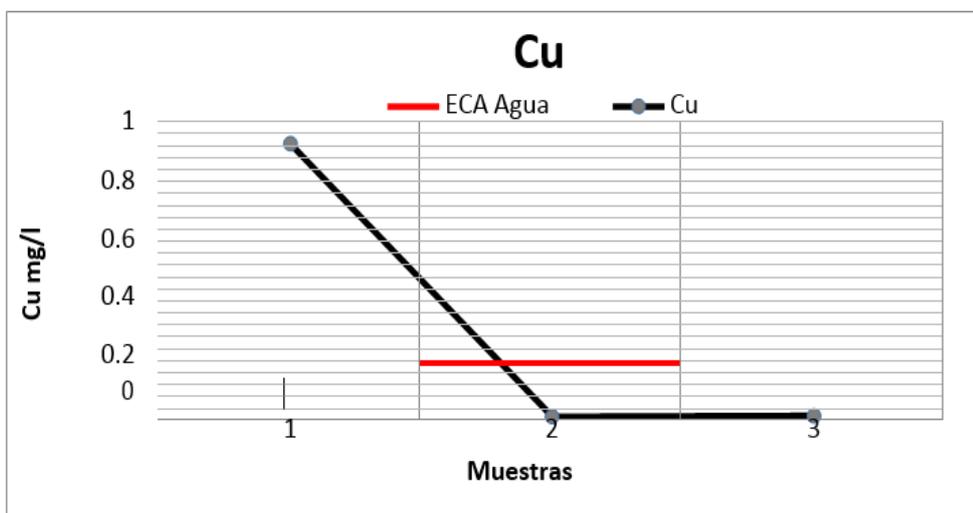


Figura 13. Resultados Cobre Vs ECA AGUA

4.2.7. Análisis de Berilio

Tabla 20

Análisis de Berilio

Puntos de Monitoreo	Resultados		Peruana
	Be	ECA Agua	ECA Agua
Laguna Sillacunca	4.851		0.1
Canal Gavilan Aguas Arriba	0.011		0.1
Canal Gavilan Aguas Abajo	0.011		0.1

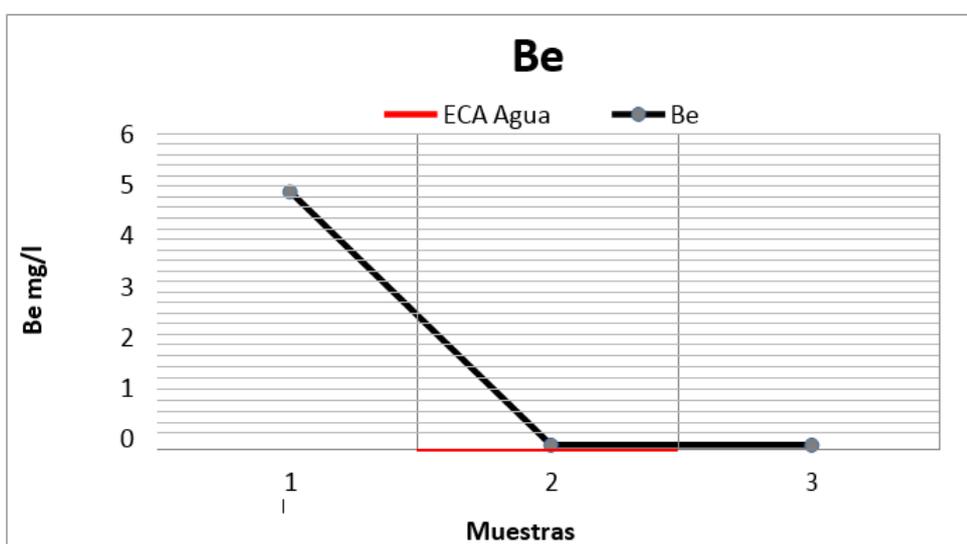


Figura 14. Resultados Berilio Vs ECA AGUA

4.2.8. Análisis de Aluminio

Tabla 21

Análisis de Aluminio

Puntos de Monitoreo	Resultados		Peruana
	Al	ECA Agua	ECA Agua
Laguna Sillacunca	0		5
Canal Gavilan Aguas Arriba	15.66		5
Canal Gavilan Aguas Abajo	13.52		5

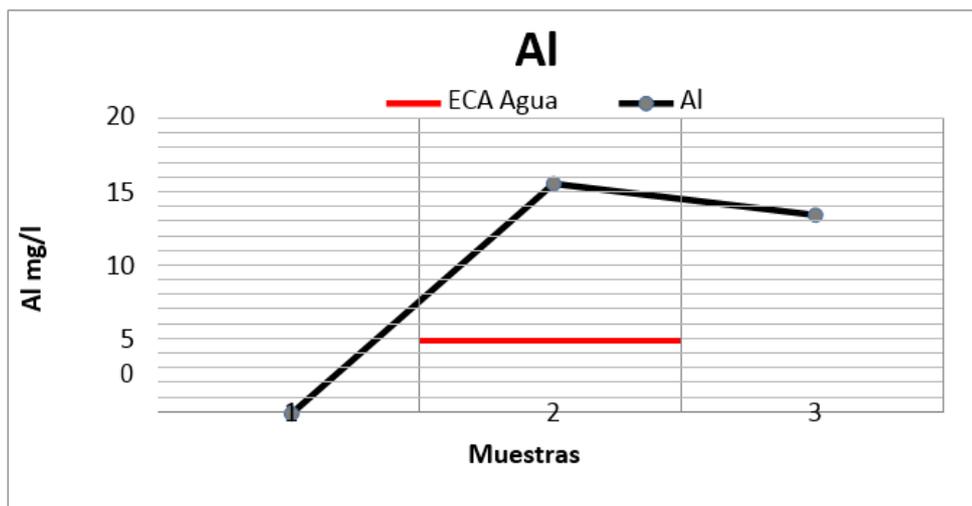


Figura 15. Resultados Aluminio Vs ECA AGUA

4.2.8. Análisis de Cadmio

Tabla 22

Análisis de Cadmio

Puntos de Monitoreo	Resultados		Peruana
	Cd		ECA Agua
Laguna Sillacunca	0.02		0.01
Canal Gavilan Aguas Arriba	0		0.01
Canal Gavilan Aguas Abajo	0		0.01

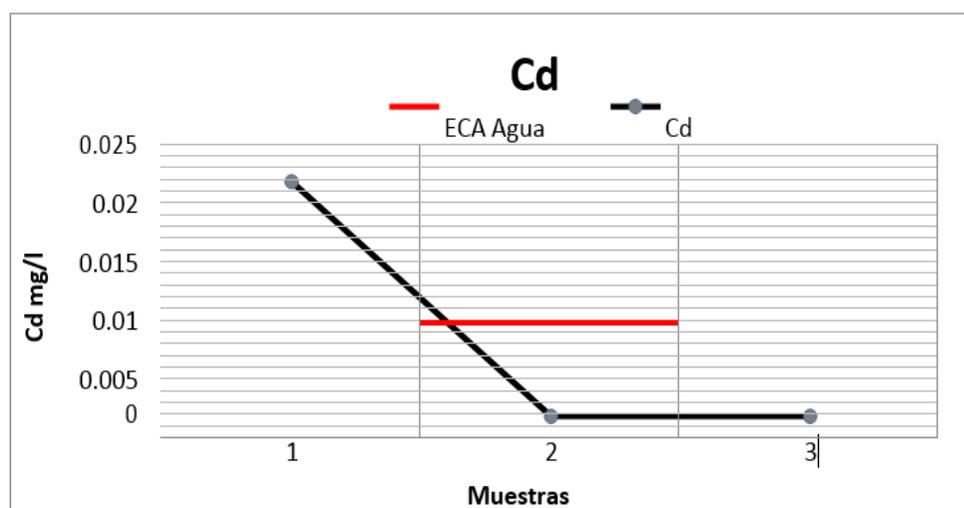


Figura 16. Resultados Cadmio Vs ECA AGUA

Como resumen de los cuadros y figuras expuestas, tenemos el siguiente consolidado:

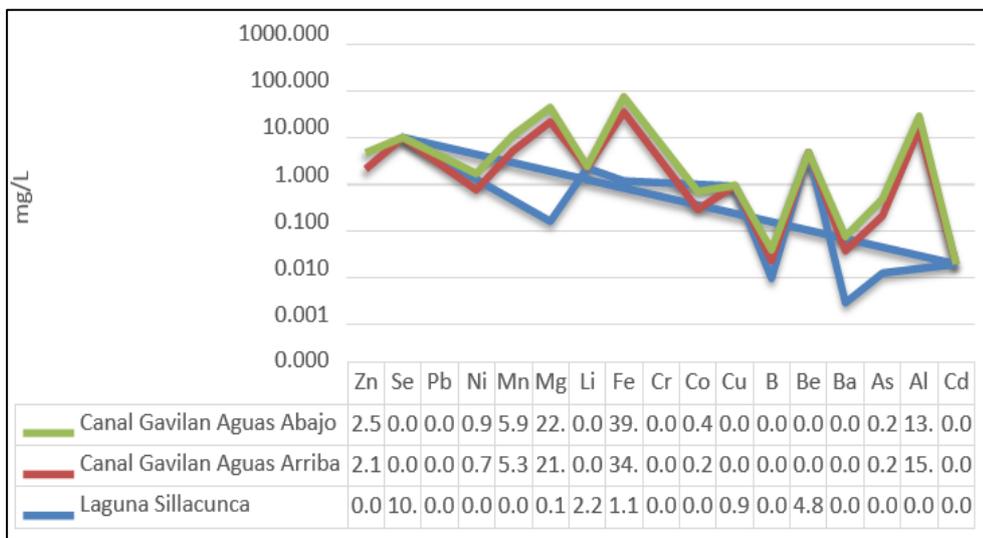


Figura 17. Distribución de metales pesado

Y los metales presentes se consolidan en la siguiente figura:

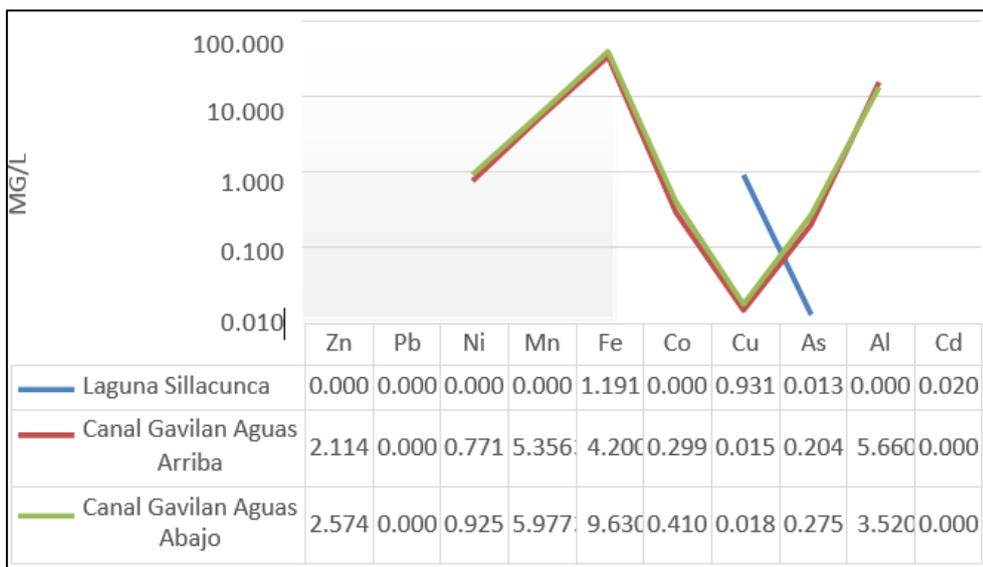


Figura 18. Distribución de metales

En consecuencia de todos 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 arsénico en los dos puntos del canal Gavilán



respectivamente. Existen también algunos elementos en los tres puntos que sobrepasan los ECAS- MINAM pero que no son considerados tóxicos.

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. Es necesario continuar con muestreos por que podría variar los resultados relacionados a medidas de fiscalización por parte de las autoridades públicas.

CONCLUSIONES

- En los dos puntos de muestreo del canal Gavilán de oro existe presencia de arsénico 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, Arsénico 0,204 mg/L a Arsenico 0,275 mg/L
- El Al, Mg y el Mn se encuentran por encima de los estándares de calidad co concentraciones en el punto M1 de Al 15,660 mg/L , Mg 21,650 mg/L y el Mn 5,356 mg/L y en el punto M3 Al 13,520 mg/L , Mg 22,560 mg/L y el Mn 5,977 mg/L. Debido a que en la cabecera de cuenca existe minería, población y arrastre de la geomorfología de la zona.
- El Berilio, Cobre y el Selenio se encuentran por encima los estándares de calidad ambiental categoría N° 4 conservación de ambientes acuáticos demostrando que hay presencia de metales en agua del área de estudio en la laguna Sillacunca exactamente en el punto donde inicia el efluente de la laguna con las siguientes concentraciones Be 4,851 mg/L , Cu 0,931 mg/L y Se 10,050 mg/L.
- Las concentraciones de los demás metales pesados en el agua del rio Ramis en el canal gavila y en a laguna Sillacuna 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 sedimentos, desde la cabecera de cuenca 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.

BIBLIOGRAFÍA

- Alata, A. (2018). *Análisis multitemporal de la explotación minera con aplicación de percepción remota y SIG en los Distritos de Ananea y Cuyocuyo-Puno, entre 1975-2017* [Tesis de grado: Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7125>
- Alvarez, R. (2018). *Evaluación de metales pesados en agua del río Ramis sector Crucero - San Anton y su interpretación wn software* [Tesis de Maestría: Universidad Nacional del altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8864>
- Anderson, D., & Morel, F. (1978). Copper sensativity of *Gonyaulax tamarensis*. *Limnology and Oceanography*, 23(2), 283–295. <https://doi.org/10.4319/lo.1978.23.2.0283>
- Arango, M., & Olaya, I. (2012). Problematica de los pasivos ambientales mineros en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 15(3 SE-Artículos), 125–133. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36286>
- Barbour, M., Faulkner, C., & Gerritsen, J. (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macriinvertebrates, and Fish* (Second Edi). U.S. Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/OWOW/monitoring/techmon.html>
- Beltrán, D., Palomino, R., Moreno, E. G., Peralta, C., & Montesinos-Tubeé, D. (2015). Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011. *Revista Peruana de Biología*, 22(3), 335–340. <https://doi.org/10.15381/rpb.v22i3.11440>
- Cala, V., & Kunimine, Y. (2011). Distribución de plomo en suelos contaminados en el entorno de una planta de reciclaje de baterías ácidas. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*. <https://www.revistascca.unam.mx/rca/index.php/rca/article/view/23751>
- Campos C., N. H. (1990). La contaminación por metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Caldasia*, 16(77 SE-), 231–243. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/35544>
- Cetin, K. O., Seed, R. B., Kayen, R. E., Moss, R. E. S., Bilge, H. T., Ilgac, M., &

- Chowdhury, K. (2018). The use of the SPT-based seismic soil liquefaction triggering evaluation methodology in engineering hazard assessments. *MethodsX*, 5, 1556–1575. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2018.11.016>
- Condori, S. (2018). *Evaluación físico-química de metales tóxicos en el Río Progreso – Puno* [Tesis de maestría: Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9520>
- DIGESA. (2008). *Variaciones de parametros en el Rio Ramis y afluentes*.
- Doležalová, H., Mihočová, S., Chovanec, P., & Pavlovský, J. (2019). Potential Ecological Risk and Human Health Risk Assessment of Heavy Metal Pollution in Industrial Affected Soils by Coal Mining and Metallurgy in Ostrava, Czech Republic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22). <https://doi.org/10.3390/ijerph16224495>
- Engel, D., Sunda, W., & Fowler, B. (1983). *Factors affecting trace metal uptake and toxicity to estuarine organisms. I. Environmental parameter*. Academic Press.
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por metales. *Anales Del Sistema Sanitario de Navarra*, 26(SUPPL. 1), 141–153. <https://doi.org/10.4321/s1137-66272003000200008>
- Ferrero, M. (2009). *Contaminación de la Cuenca del Rio Ramis*.
- Förstner, U. (1981). *Metal pollution in the aquatic environment*. Springer.
- Gammons, C. H., Slotton, D. G., Gerbrandt, B., Weight, W., Young, C. A., McNearny, R. L., Cámac, E., Calderón, R., & Tapia, H. (2006). Mercury concentrations of fish, river water, and sediment in the Río Ramis-Lake Titicaca watershed, Peru. *Science of the Total Environment*, 368(2–3), 637–648. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.09.076>
- Gaona, X. (2004). *El mercurio como contaminante global. Desarrollo de metodologías para su determinación en suelos contaminados y estrategias para la reducción de su liberación al medio ambiente* [Tesis de Postgrado: Universidad Autonoma de Barcelona]. <https://www.tdx.cat/handle/10803/3174>
- Garcia-Fernandez, A. J., Martinez-Lopez, E., Romero, D., Maria-Mojica, P., Godino, A., & Jimenez, P. (2005). High levels of blood lead in griffon vultures (*Gyps fulvus*)

- from Cazorla Natural Park (southern Spain). *Environmental Toxicology*, 20(4), 459–463. <https://doi.org/10.1002/tox.20132>
- García, D., & Gonzáles, M. (1986). *Métodos biológicos para el estudio de la calidad de las aguas aplicación a la cuenca del Duero*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Gómez, A., Villalba, A., Acosta, G., Castañeda, M., & Kamp, D. (2004). Metales pesados en el agua superficial del río San Pedro durante 1997 y 1999. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*, 20(1), 5–12. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/23124>
- Guerrero, M., & Pineda, V. (2016). Contaminación Del Suelo En La Zona Minera De Rasgatá Bajo (Tausa). Modelo Conceptual. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 26(1), 57–74. <http://dx.doi.org/10.18359/>
- Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68, 167–182. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>
- Laqui, Y. (2019). *Contaminación por tipo de usos de suelos y deterioro en la calidad de agua en la cuenca del lago Titicaca* [Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3968>
- León, L. (1992). *Indices de Calidad del Agua (ICA), Forma de Estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala*. <https://docplayer.es/74209932-Indices-de-calidad-del-agua-ica-forma-de-estimarlos-y-aplicacion-en-la-cuenca-lerma-chapala.html>
- Méndez, P., Ramírez, G., César, A., Gutiérrez, R., Alma, D., & García, P. (2008). Plant Contamination and Phytotoxicity Due To Heavy Metals From Soil and Water. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 19–44.
- Monroy, M., Díaz, F., Razo, I., & Carrizales, L. (2002). *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* [Tesis de maestría: Instituto de Metalúrgica]. <https://docplayer.es/21684139-Evaluacion-de-la-contaminacion-por-arsenico-y-metales-pesados-pb-cu-zn-y-analisis-de-riesgo-en-salud-en-villa-de-la-paz-matehuala-s-l-p.html>

- Morris, P., & Therivel, R. (2009). *Methods of Environmental Impact Assessment* (Tercera ed). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203892909>
- Navarro, A., Carmona, J. M., & Font, X. (1996). Contaminación de suelos y aguas subterráneas por vertidos industriales. *Acta Geologica Hispanica*, 30(1–3), 49–62.
- PELT. (1999). *Presencia de metales pesados en el lago Titicaca*.
- Quispe, A. (2013). *Plan de minado subterráneo aplicado en la Corporación Minera Ananea S.A.* [Tesis de grado: Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1089>
- Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. formulaciones y aplicación. *CT y F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1(3), 135–153. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53831997000100009
- Regalado, I., Leiseca, A., Cabrera, Y., Franco, F., & Bulnes, C. (2014). Cambios anatómicos en la especie *Cynodon nlemfuensis* Vanderhyst en suelos contaminados por metales pesados Anatomical changes in the species *Cynodon nlemfuensis* Vanderhyst in soils contaminated by heavy metals. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4), 37–42. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2071-00542014000400007
- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Universidad de Antioquia.
- Romero, A. A., Medina, R., Puente, L., Flores, S. L., Guadalupe, E., & De, E. (2008). Los residuos sólidos mineros del proceso de flotación de minerales en la cuenca del río Santa – Áncash. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 11(21), 14–18. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/430>
- Salomons, W., Salomons, W., & Forstner, U. (1984). *Metals in the hydrological*. Springer Berlin Heidelberg.



Soldevilla, M., Cabrera, F., Díaz Barrientos, E., & Arambarri, P. (1978). *Influencia de la contaminación por metales pesados en algunas especies vegetales de las márgenes de un río minero.*

Vilcha, S. (2006). *Problemática de la cuenca del río rams.* Congreso de la República.
[https://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Congresistas/2006/20060470A.nsf/vf06web/C42B0B3BB046C5A4052572EB0058E4EA/\\$FILE/Presentacion-CuencaRamis.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Congresistas/2006/20060470A.nsf/vf06web/C42B0B3BB046C5A4052572EB0058E4EA/$FILE/Presentacion-CuencaRamis.pdf)



ANEXOS

Anexo 1: 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Artículo 8.- Sistematización de la información

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

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

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

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

Artículo 9.- Refrendo

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

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

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

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

Segunda.- Del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua

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

Tercera.- Métodos de ensayo o técnicas analíticas

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

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

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

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

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

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

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

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

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

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

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA
DEROGATORIA**

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

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

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

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

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FISICOS- QUÍMICOS				
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 ₅)	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 ₃) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂) (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	**
INORGÁNICOS				
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			
ORGÁNICOS							
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₄ - C ₁₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0			
Trihalometanos (e)	(e)	1,0	1,0	1,0			
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**			
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**			
Dibromodlorometano	mg/L	0,1	**	**			
Bromodlorometano	mg/L	0,06	**	**			
I. COMPUESTOS ORGANICOS VOLÁTILES							
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	**			
BTEX							
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	**			
Hidrocarburos Aromáticos							
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**			
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**			
Organofosforados							
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**			
Organoclorados							
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**			
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**			
Dicloro Difeníl 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	**			
Carbamato							
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**			
II. CIANOTOXINAS							
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**			
III. BIFENILOS POLICLORADOS							
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**			
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS							
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000			
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**			
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**			
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia			
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁴	<5x10 ⁴			

(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 (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃).

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos-N ($\text{NO}_2\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 3.28 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO_2^-).

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

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{E_{\text{CAcloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{E_{\text{CADibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{E_{\text{CABromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{E_{\text{CABromoformo}}} \leq 1$$

Dónde:

C= concentración en mg/L y

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

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.
Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 1:

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

Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,06	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	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 ($\text{NO}_3\text{-N}$)	mg/L	10	**
Nitritos ($\text{NO}_2\text{-N}$)	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	**
INORGÁNICOS			
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	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
Giardia duodenalis	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
Salmonella spp	Presencia/100 ml	0	0
Vibrio cholerae	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
FÍSICOS- QUÍMICOS					
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 ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃ ⁻) (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
INORGÁNICOS					
Amoniaco Total (NH ₃)	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
Niquel	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
ORGÁNICO					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
Bifenilos Policlorados					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
ORGANOLEPTICO					
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
MICROBIOLÓGICO					
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 (NO₃⁻-N), multiplicar el resultado por el factor 4,43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃⁻).

(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 NH₃).

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 NH₃)

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 (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoniaco (NH₃).

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
FÍSICOS- QUÍMICOS				
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 ₅)	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 ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -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
INORGANICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

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

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

(b): Después de filtración simple.

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

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

Nota 4:

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

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

Anexo 2: Ley General del Medio Ambiente

EL PRESIDENTE DEL CONGRESO DE LA REPÚBLICA

POR CUANTO:

EL CONGRESO DE LA REPÚBLICA;

Ha dado la Ley siguiente:

LEY GENERAL DEL AMBIENTE N° Ley N° 28611

TÍTULO PRELIMINAR

DERECHOS Y PRINCIPIOS

Artículo I.- Del derecho y deber fundamental

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

Artículo II.- Del derecho de acceso a la información Toda persona tiene el derecho a acceder adecuada y oportunamente a la información pública sobre las políticas, normas, medidas, obras y actividades que pudieran afectar, directa o indirectamente, el ambiente, sin necesidad de invocar justificación o interés que motive tal requerimiento.

Toda persona está obligada a proporcionar adecuada y oportunamente a las autoridades la información que éstas requieran para una efectiva gestión ambiental, conforme a Ley.

Artículo III.- Del derecho a la participación en la gestión ambiental Toda persona tiene el derecho a participar responsablemente en los procesos de toma de decisiones, así como en la definición y aplicación de las políticas y medidas relativas al ambiente y sus componentes, que se adopten en cada uno de los niveles de gobierno. El Estado concerta con la sociedad civil las decisiones y acciones de la gestión ambiental.

Artículo IV.- Del derecho de acceso a la justicia ambiental Toda persona tiene el derecho a una acción rápida, sencilla y efectiva, ante las entidades administrativas y

jurisdiccionales, en defensa del ambiente y de sus componentes, velando por la debida protección de la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, así como la conservación del patrimonio cultural vinculado a aquellos.

Se puede interponer acciones legales aun en los casos en que no se afecte el interés económico del accionante. El interés moral legitima la acción aun cuando no se refiera directamente al accionante o a su familia.

Artículo V.- Del principio de sostenibilidad La gestión del ambiente y de sus componentes, así como el ejercicio y la protección de los derechos que establece la presente Ley, se sustentan en la integración equilibrada de los aspectos sociales, ambientales y económicos del desarrollo nacional, así como en la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.

Artículo VI.- Del principio de prevención La gestión ambiental tiene como objetivos prioritarios prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental. Cuando no sea posible eliminar las causas que la generan, se adoptan las medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación, que correspondan.

Artículo VII.- Del principio precautorio Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza absoluta no debe utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces y eficientes para impedir la degradación del ambiente. (*) (*) De conformidad con el Artículo 2 de la Ley N° 29050, publicada el 24 junio 2007, se adecúa el texto del presente Artículo, y el de todo texto legal que se refiera al “criterio de precaución”, “criterio precautorio” o “principio de precaución” a la definición del Principio Precautorio que se establece en el artículo 5 de la Ley N° 28245, modificado por el artículo 1 de la citada Ley.

Artículo VIII.- Del principio de internalización de costos Toda persona natural o jurídica, pública o privada, debe asumir el costo de los riesgos o daños que genere sobre el ambiente.

El costo de las acciones de prevención, vigilancia, restauración, rehabilitación, reparación y la eventual compensación, relacionadas con la protección del ambiente y de sus componentes de los impactos negativos de las actividades humanas debe ser asumido por los causantes de dichos impactos.

Artículo IX.- Del principio de responsabilidad ambiental El causante de la degradación del ambiente y de sus componentes, sea una persona natural o jurídica, pública o privada, está obligado a adoptar inexcusablemente las medidas para su restauración, rehabilitación o reparación según corresponda o, cuando lo anterior no fuera posible, a compensar en términos ambientales los daños generados, sin perjuicio de otras responsabilidades administrativas, civiles o penales a que hubiera lugar.

CONCORDANCIAS: Ley N° 29325, Art. 23, núm. 23.1 (Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental)

Artículo X.- Del principio de equidad El diseño y la aplicación de las políticas públicas ambientales deben contribuir a erradicar la pobreza y reducir las inequidades sociales y económicas existentes; y al desarrollo económico sostenible de las poblaciones menos favorecidas. En tal sentido, el Estado podrá adoptar, entre otras, políticas o programas de acciones afirmativas, entendidas como el conjunto coherente de medidas de carácter temporal dirigidas a corregir la situación de los miembros del grupo al que están destinadas, en un aspecto o varios de su vida social o económica, a fin de alcanzar la equidad efectiva.

Artículo XI.- Del principio de gobernanza ambiental El diseño y aplicación de las políticas públicas ambientales se rigen por el principio de gobernanza ambiental, que conduce a la armonización de las políticas, instituciones, normas, procedimientos, herramientas e información de manera tal que sea posible la participación efectiva e integrada de los actores públicos y privados, en la toma de decisiones, manejo de conflictos y construcción de consensos, sobre la base de responsabilidades claramente definidas, seguridad jurídica y transparencia.

TÍTULO I

POLÍTICA NACIONAL DEL AMBIENTE Y GESTIÓN AMBIENTAL

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES

Artículo 1.- Del objetivo

La presente Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

Artículo 2.- Del ámbito

2.1 Las disposiciones contenidas en la presente Ley, así como en sus normas complementarias y reglamentarias, son de obligatorio cumplimiento para toda persona natural o jurídica, pública o privada, dentro del territorio nacional, el cual comprende el suelo, subsuelo, el dominio marítimo, lacustre, hidrológico e hidrogeológico y el espacio aéreo.

2.2 La presente Ley regula las acciones destinadas a la protección del ambiente que deben adoptarse en el desarrollo de todas las actividades humanas. La regulación de las actividades productivas y el aprovechamiento de los recursos naturales se rigen por sus respectivas leyes, debiendo aplicarse la presente Ley en lo que concierne a las políticas, normas e instrumentos de gestión ambiental.

2.3 Entiéndase, para los efectos de la presente Ley, que toda mención hecha al “ambiente” o a “sus componentes” comprende a los elementos físicos, químicos y biológicos de origen natural o antropogénico que, en forma individual o asociada, conforman el medio en el que se desarrolla la vida, siendo los factores que aseguran la salud individual y colectiva de las personas y la conservación de los recursos naturales, la diversidad biológica y el patrimonio cultural asociado a ellos, entre otros.

Artículo 3.- Del rol del Estado en materia ambiental El Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarios para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la presente Ley.

Artículo 4.- De la tributación y el ambiente El diseño del marco tributario nacional considera los objetivos de la Política Nacional Ambiental, promoviendo particularmente, conductas ambientalmente responsables, modalidades de producción y consumo

responsable de bienes y servicios, la conservación, aprovechamiento sostenible y recuperación de los recursos naturales, así como el desarrollo y uso de tecnologías apropiadas y de prácticas de producción limpia en general.

Artículo 5.- Del Patrimonio de la Nación

Los recursos naturales constituyen Patrimonio de la Nación. Su protección y conservación pueden ser invocadas como causa de necesidad pública, conforme a ley.

Artículo 6.- De las limitaciones al ejercicio de derechos El ejercicio de los derechos de propiedad y a la libertad de trabajo, empresa, comercio e industria, están sujetos a las limitaciones que establece la ley en resguardo del ambiente.

Artículo 7.- Del carácter de orden público de las normas ambientales 7.1 Las normas ambientales, incluyendo las normas en materia de salud ambiental y de conservación de la diversidad biológica y los demás recursos naturales, son de orden público. Es nulo todo pacto en contra de lo establecido en dichas normas legales.

7.2 El diseño, aplicación, interpretación e integración de las normas señaladas en el párrafo anterior, de carácter nacional, regional y local, se realizan siguiendo los principios, lineamientos y normas contenidas en la presente Ley y, en forma subsidiaria, en los principios generales del derecho.

CAPÍTULO 2

POLÍTICA NACIONAL DEL AMBIENTE

Artículo 8.- De la Política Nacional del Ambiente

8.1 La Política Nacional del Ambiente constituye el conjunto de lineamientos, objetivos, estrategias, metas, programas e instrumentos de carácter público, que tiene como propósito definir y orientar el accionar de las entidades del Gobierno Nacional, regional y local, y del sector privado y de la sociedad civil, en materia ambiental.

8.2 Las políticas y normas ambientales de carácter nacional, sectorial, regional y local se diseñan y aplican de conformidad con lo establecido en la Política Nacional del Ambiente y deben guardar concordancia entre sí.

8.3 La Política Nacional del Ambiente es parte integrante del proceso estratégico de desarrollo del país. Es aprobada por Decreto Supremo refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros. Es de obligatorio cumplimiento.

Artículo 9.- Del objetivo

La Política Nacional del Ambiente tiene por objetivo mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona.

Artículo 10.- De la vinculación con otras políticas públicas

Las políticas de Estado integran las políticas ambientales con las demás políticas públicas. En tal sentido, los procesos de planificación, decisión y ejecución de políticas públicas en todos los niveles de Gobierno, incluyendo las sectoriales, incorporan obligatoriamente los lineamientos de la Política Nacional del Ambiente.

Artículo 11.- De los lineamientos ambientales básicos de las políticas públicas

Sin perjuicio del contenido específico de la Política Nacional del Ambiente, el diseño y aplicación de las políticas públicas consideran los siguientes lineamientos:

- a. El respeto de la dignidad humana y la mejora continua de la calidad de vida de la población, asegurando una protección adecuada de la salud de las personas.
- b. La prevención de riesgos y daños ambientales, así como la prevención y el control de la contaminación ambiental, principalmente en las fuentes emisoras.

En particular, la promoción del desarrollo y uso de tecnologías, métodos, procesos y prácticas de producción, comercialización y disposición final más limpias.

- c. El aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, incluyendo la conservación de la diversidad biológica, a través de la protección y recuperación de los ecosistemas, las especies y su patrimonio genético. Ninguna consideración o circunstancia puede legitimar o excusar acciones que pudieran amenazar o generar riesgo de extinción de cualquier especie, subespecie o variedad de flora o fauna.

- d. El desarrollo sostenible de las zonas urbanas y rurales, incluyendo la conservación de las áreas agrícolas periurbanas y la prestación ambientalmente sostenible de los servicios públicos, así como la conservación de los patrones culturales, conocimientos y estilos de vida de las comunidades tradicionales y los pueblos indígenas.
- e. La promoción efectiva de la educación ambiental y de una ciudadanía ambiental responsable, en todos los niveles, ámbitos educativos y zonas del territorio nacional.
- f. El fortalecimiento de la gestión ambiental, por lo cual debe dotarse a las autoridades de recursos, atributos y condiciones adecuados para el ejercicio de sus funciones. Las autoridades ejercen sus funciones conforme al carácter transversal de la gestión ambiental, tomando en cuenta que las cuestiones y problemas ambientales deben ser considerados y asumidos integral e intersectorialmente y al más alto nivel, sin eximirse de tomar en consideración o de prestar su concurso a la protección del ambiente, incluyendo la conservación de los recursos naturales.
- g. La articulación e integración de las políticas y planes de lucha contra la pobreza, asuntos comerciales, tributarios y de competitividad del país con los objetivos de la protección ambiental y el desarrollo sostenible.
- h. La información científica, que es fundamental para la toma de decisiones en materia ambiental.
- i. El desarrollo de toda actividad empresarial debe efectuarse teniendo en cuenta la implementación de políticas de gestión ambiental y de responsabilidad social.

Artículo 12.- De la política exterior en materia ambiental Sin perjuicio de lo establecido en la Constitución Política, en la legislación vigente y en las políticas nacionales, la Política Exterior del Estado en materia ambiental se rige por los siguientes lineamientos:

- a. La promoción y defensa de los intereses del Estado, en armonía con la Política Nacional Ambiental, los principios establecidos en la presente Ley y las demás normas sobre la materia.
- b. La generación de decisiones multilaterales para la adecuada implementación de los mecanismos identificados en los acuerdos internacionales ambientales ratificados por el Perú.

- c. El respeto a la soberanía de los Estados sobre sus respectivos territorios para conservar, administrar, poner en valor y aprovechar sosteniblemente sus propios recursos naturales y el patrimonio cultural asociado, así como para definir sus niveles de protección ambiental y las medidas más apropiadas para asegurar la efectiva aplicación de su legislación ambiental.
- d. La consolidación del reconocimiento internacional del Perú como país de origen y centro de diversidad genética.
- e. La promoción de estrategias y acciones internacionales que aseguren un adecuado acceso a los recursos genéticos y a los conocimientos tradicionales, respetando el procedimiento del consentimiento fundamentado previo y autorización de uso; las disposiciones legales sobre patentabilidad de productos relacionados a su uso, en especial en lo que respecta al certificado de origen y de legal procedencia; y, asegurando la distribución equitativa de los beneficios.
- f. La realización del principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas de los estados y de los demás principios contenidos en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.
- g. La búsqueda de soluciones a los problemas ambientales globales, regionales y subregionales mediante negociaciones internacionales destinadas a movilizar recursos externos, promover el desarrollo del capital social, el desarrollo del conocimiento, la facilitación de la transferencia tecnológica y el fomento de la competitividad, el comercio y los econegocios, para alcanzar el desarrollo sostenible de los estados.
- h. La cooperación internacional destinada al manejo sostenible de los recursos naturales y a mantener las condiciones de los ecosistemas y del ambiente a nivel transfronterizo y más allá de las zonas donde el Estado ejerce soberanía y jurisdicción, de conformidad con el derecho internacional. Los recursos naturales transfronterizos se rigen por los tratados sobre la materia o en su defecto por la legislación especial. El Estado promueve la gestión integrada de estos recursos y la realización de alianzas estratégicas en tanto supongan el mejoramiento de las condiciones de sostenibilidad y el respeto de las normas ambientales nacionales.
- i. Cooperar en la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica marina en zonas más allá de los límites de la jurisdicción nacional, conforme al derecho internacional.

j. El establecimiento, desarrollo y promoción del derecho internacional ambiental.

CAPÍTULO 3

GESTIÓN AMBIENTAL

Artículo 13.- Del concepto

13.1 La gestión ambiental es un proceso permanente y continuo, constituido por el conjunto estructurado de principios, normas técnicas, procesos y actividades, orientado a administrar los intereses, expectativas y recursos relacionados con los objetivos de la política ambiental y alcanzar así, una mejor calidad de vida y el desarrollo integral de la población, el desarrollo de las actividades económicas y la conservación del patrimonio ambiental y natural del país.

13.2 La gestión ambiental se rige por los principios establecidos en la presente Ley y en las leyes y otras normas sobre la materia.

Artículo 14.- Del Sistema Nacional de Gestión Ambiental

14.1 El Sistema Nacional de Gestión Ambiental tiene a su cargo la integración funcional y territorial de la política, normas e instrumentos de gestión, así como las funciones públicas y relaciones de coordinación de las instituciones del Estado y de la sociedad civil, en materia ambiental.

14.2 El Sistema Nacional de Gestión Ambiental se constituye sobre la base de las instituciones estatales, órganos y oficinas de los distintos ministerios, organismos públicos descentralizados e instituciones públicas a nivel nacional, regional y local que ejercen competencias y funciones sobre el ambiente y los recursos naturales; así como por los Sistemas Regionales y Locales de Gestión Ambiental, contando con la participación del sector privado y la sociedad civil.

14.3 La Autoridad Ambiental Nacional es el ente rector del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

Artículo 15.- De los sistemas de gestión ambiental

El Sistema Nacional de Gestión Ambiental integra los sistemas de gestión pública en materia ambiental, tales como los sistemas sectoriales, regionales y locales de gestión

ambiental; así como otros sistemas específicos relacionados con la aplicación de instrumentos de gestión ambiental.

Artículo 16.- De los instrumentos

16.1 Los instrumentos de gestión ambiental son mecanismos orientados a la ejecución de la política ambiental, sobre la base de los principios establecidos en la presente Ley, y en lo señalado en sus normas complementarias y reglamentarias.

16.2 Constituyen medios operativos que son diseñados, normados y aplicados con carácter funcional o complementario, para efectivizar el cumplimiento de la Política Nacional Ambiental y las normas ambientales que rigen en el país.

Artículo 17.- De los tipos de instrumentos

17.1 Los instrumentos de gestión ambiental podrán ser de planificación, promoción, prevención, control, corrección, información, financiamiento, participación, fiscalización, entre otros, rigiéndose por sus normas legales respectivas y los principios contenidos en la presente Ley.

17.2 Se entiende que constituyen instrumentos de gestión ambiental, los sistemas de gestión ambiental, nacional, sectoriales, regionales o locales; el ordenamiento territorial ambiental; la evaluación del impacto ambiental; los Planes de Cierre; los Planes de Contingencias; los estándares nacionales de calidad ambiental; la certificación ambiental, las garantías ambientales; los sistemas de información ambiental; los instrumentos económicos, la contabilidad ambiental, estrategias, planes y programas de prevención, adecuación, control y remediación; los mecanismos de participación ciudadana; los planes integrales de gestión de residuos; los instrumentos orientados a conservar los recursos naturales; los instrumentos de fiscalización ambiental y sanción; la clasificación de especies, vedas y áreas de protección y conservación; y, en general, todos aquellos orientados al cumplimiento de los objetivos señalados en el artículo precedente.

17.3 El Estado debe asegurar la coherencia y la complementariedad en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental.

Artículo 18.- Del cumplimiento de los instrumentos

En el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental se incorporan los mecanismos para asegurar su cumplimiento incluyendo, entre otros, los plazos y el cronograma de inversiones ambientales, así como los demás programas y compromisos.

Artículo 19.- De la planificación y del ordenamiento territorial ambiental

19.1 La planificación sobre el uso del territorio es un proceso de anticipación y toma de decisiones relacionadas con las acciones futuras en el territorio, el cual incluye los instrumentos, criterios y aspectos para su ordenamiento ambiental.

19.2 El ordenamiento territorial ambiental es un instrumento que forma parte de la política de ordenamiento territorial. Es un proceso técnico-político orientado a la definición de criterios e indicadores ambientales que condicionan la asignación de usos territoriales y la ocupación ordenada del territorio.

Artículo 20.- De los objetivos de la planificación y el ordenamiento territorial La planificación y el ordenamiento territorial tienen por finalidad complementar la planificación económica, social y ambiental con la dimensión territorial, racionalizar las intervenciones sobre el territorio y orientar su conservación y aprovechamiento sostenible. Tiene los siguientes objetivos:

- a. Orientar la formulación, aprobación y aplicación de políticas nacionales, sectoriales, regionales y locales en materia de gestión ambiental y uso sostenible de los recursos naturales y la ocupación ordenada del territorio, en concordancia con las características y potencialidades de los ecosistemas, la conservación del ambiente, la preservación del patrimonio cultural y el bienestar de la población.
- b. Apoyar el fortalecimiento de capacidades de las autoridades correspondientes para conducir la gestión de los espacios y los recursos naturales de su jurisdicción, promoviendo la participación ciudadana y fortaleciendo a las organizaciones de la sociedad civil involucradas en dicha tarea.
- c. Proveer información técnica y el marco referencial para la toma de decisiones sobre la ocupación del territorio y el aprovechamiento de los recursos naturales; así como orientar, promover y potenciar la inversión pública y privada, sobre la base del principio de sostenibilidad.

d. Contribuir a consolidar e impulsar los procesos de concertación entre el Estado y los diferentes actores económicos y sociales, sobre la ocupación y el uso adecuado del territorio y el aprovechamiento de los recursos naturales, previniendo conflictos ambientales.

e. Promover la protección, recuperación y/o rehabilitación de los ecosistemas degradados y frágiles.

f. Fomentar el desarrollo de tecnologías limpias y responsabilidad social.

CONCORDANCIAS: R.M. N° 026-2010-MINAM (Aprueban los “Lineamientos de Política para el Ordenamiento Territorial”)

Artículo 21.- De la asignación de usos La asignación de usos se basa en la evaluación de las potencialidades y limitaciones del territorio utilizando, entre otros, criterios físicos, biológicos, ambientales, sociales, económicos y culturales, mediante el proceso de zonificación ecológica y económica. Dichos instrumentos constituyen procesos dinámicos y flexibles, y están sujetos a la Política Nacional Ambiental.

Artículo 22.- Del ordenamiento territorial ambiental y la descentralización 22.1 El ordenamiento territorial ambiental es un objetivo de la descentralización en materia de gestión ambiental. En el proceso de descentralización se prioriza la incorporación de la dimensión ambiental en el ordenamiento territorial de las regiones y en las áreas de jurisdicción local, como parte de sus respectivas estrategias de desarrollo sostenible.

22.2 El Poder Ejecutivo, a propuesta de la Autoridad Ambiental Nacional y en coordinación con los niveles descentralizados de gobierno, establece la política nacional en materia de ordenamiento territorial ambiental, la cual constituye referente obligatorio de las políticas públicas en todos los niveles de gobierno.

22.3 Los gobiernos regionales y locales coordinan sus políticas de ordenamiento territorial, entre sí y con el gobierno nacional, considerando las propuestas que al respecto formule la sociedad civil.

Artículo 23.- Del ordenamiento urbano y rural

23.1 Corresponde a los gobiernos locales, en el marco de sus funciones y atribuciones, promover, formular y ejecutar planes de ordenamiento urbano y rural, en concordancia

con la Política Nacional Ambiental y con las normas urbanísticas nacionales, considerando el crecimiento planificado de las ciudades, así como los diversos usos del espacio de jurisdicción, de conformidad con la legislación vigente, los que son evaluados bajo criterios socioeconómicos y ambientales.

23.2 Los gobiernos locales deben evitar que actividades o usos incompatibles, por razones ambientales, se desarrollen dentro de una misma zona o en zonas colindantes dentro de sus jurisdicciones. También deben asegurar la preservación y la ampliación de las áreas verdes urbanas y periurbanas de que dispone la población.

23.3 Las instalaciones destinadas a la fabricación, procesamiento o almacenamiento de sustancias químicas peligrosas o explosivas deben ubicarse en zonas industriales, conforme a los criterios de la zonificación aprobada por los gobiernos locales.

Artículo 24.- Del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental 24.1 Toda actividad humana que implique construcciones, obras, servicios y otras actividades, así como las políticas, planes y programas públicos susceptibles de causar impactos ambientales de carácter significativo, está sujeta, de acuerdo a ley, al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental - SEIA, el cual es administrado por la Autoridad Ambiental Nacional.

La ley y su reglamento desarrollan los componentes del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.

24.2 Los proyectos o actividades que no están comprendidos en el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, deben desarrollarse de conformidad con las normas de protección ambiental específicas de la materia.

Artículo 31.- Del Estándar de Calidad Ambiental

31.1 El Estándar de Calidad Ambiental - ECA es 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. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

31.2 El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. Es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

31.3 No se otorga la certificación ambiental establecida mediante la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, cuando el respectivo EIA concluye que la implementación de la actividad implicaría el incumplimiento de algún Estándar de Calidad Ambiental. Los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental también deben considerar los Estándares de Calidad Ambiental al momento de establecer los compromisos respectivos.

31.4 Ninguna autoridad judicial o administrativa podrá hacer uso de los estándares nacionales de calidad ambiental, con el objeto de sancionar bajo forma alguna a personas jurídicas o naturales, a menos que se demuestre que existe causalidad entre su actuación y la transgresión de dichos estándares. Las sanciones deben basarse en el incumplimiento de obligaciones a cargo de las personas naturales o jurídicas, incluyendo las contenidas en los instrumentos de gestión ambiental.

Artículo 32.- Del Límite Máximo Permisible

32.1 El Límite Máximo Permisible - LMP, es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. (*) (*) Numeral modificado por el Artículo 1 del Decreto Legislativo N° 1055, publicado el 27 junio 2008, cuyo texto es el siguiente:

32.1 El Límite Máximo Permisible - LMP, es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio."

32.2 El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los ECA. La implementación de estos instrumentos debe asegurar que no se exceda la capacidad de carga de los ecosistemas, de acuerdo con las normas sobre la materia.

Artículo 33.- De la elaboración de ECA y LMP

33.1 La Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y 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.

33.2 La Autoridad Ambiental Nacional, en el proceso de elaboración de los ECA, LMP y otros estándares o parámetros para el control y la protección ambiental, debe tomar en cuenta los establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) o de las entidades de nivel internacional especializadas en cada uno de los temas ambientales.

33.3 La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con los sectores correspondientes, dispondrá la aprobación y registrará la aplicación de estándares internacionales o de nivel internacional en los casos que no existan ECA o LMP equivalentes aprobados en el país.

33.4 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 la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso.

Artículo 34.- De los planes de prevención y de mejoramiento de la calidad ambiental

La Autoridad Ambiental Nacional coordina con las autoridades competentes, la formulación, ejecución y evaluación de los planes destinados a la mejora de la calidad ambiental o la prevención de daños irreversibles en zonas vulnerables o en las que se sobrepasen los ECA, y vigila según sea el caso, su fiel cumplimiento. Con tal fin puede dictar medidas cautelares que aseguren la aplicación de los señalados planes, o establecer sanciones ante el incumplimiento de una acción prevista en ellos, salvo que dicha acción constituya una infracción a la legislación ambiental que debe ser resuelta por otra autoridad de acuerdo a ley.

CONCORDANCIAS: D.Leg. N° 1013, inc. b) del Art. 6 (Funciones generales).

Artículo 35.- Del Sistema Nacional de Información Ambiental 35.1 El Sistema Nacional de Información Ambiental - SINIA, constituye una red de integración tecnológica, institucional y técnica para facilitar la sistematización, acceso y distribución de la información ambiental, así como el uso e intercambio de información para los procesos de toma de decisiones y de la gestión ambiental.

35.2 La Autoridad Ambiental Nacional administra el SINIA. A su solicitud, o de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes, las instituciones públicas generadoras de información, de nivel nacional, regional y local, están obligadas a brindarle la información relevante para el SINIA, sin perjuicio de la información que está protegida por normas especiales.

Artículo 36.- De los instrumentos económicos 36.1 Constituyen instrumentos económicos aquellos basados en mecanismos propios del mercado que buscan incentivar o desincentivar determinadas conductas con el fin de promover el cumplimiento de los objetivos de política ambiental.

36.2 Conforme al marco normativo presupuestal y tributario del Estado, las entidades públicas de nivel nacional, sectorial, regional y local en el ejercicio y ámbito de sus respectivas funciones, incorporan instrumentos económicos, incluyendo los de carácter tributario, a fin de incentivar prácticas ambientalmente adecuadas y el cumplimiento de los objetivos de la Política Nacional Ambiental y las normas ambientales.

36.3 El diseño de los instrumentos económicos propician el logro de niveles de desempeño ambiental más exigentes que los establecidos en las normas ambientales.

Artículo 37.- De las medidas de promoción

Las entidades públicas establecen medidas para promover el debido cumplimiento de las normas ambientales y mejores niveles de desempeño ambiental, en forma complementaria a los instrumentos económicos o de sanción que establezcan, como actividades de capacitación, difusión y sensibilización ciudadana, la publicación de promedios de desempeño ambiental, los reconocimientos públicos y la asignación de puntajes especiales en licitaciones públicas a los proveedores ambientalmente más responsables.

Artículo 38.- Del financiamiento de la gestión ambiental

El Poder Ejecutivo establece los lineamientos para el financiamiento de la gestión ambiental del sector público. Sin perjuicio de asignar recursos públicos, el Poder Ejecutivo debe buscar, entre otras medidas, promover el acceso a los mecanismos de financiamiento internacional, los recursos de la cooperación internacional y las fuentes destinadas a cumplir con los objetivos de la política ambiental y de la Agenda Ambiental Nacional, aprobada de conformidad con la legislación vigente.

Artículo 39.- De la información sobre el gasto e inversión ambiental del Estado El Ministerio de Economía y Finanzas informa acerca del gasto y la inversión en la ejecución de programas y proyectos públicos en materia ambiental. Dicha información se incluye anualmente en el Informe Nacional del Estado del Ambiente.

Artículo 40.- Del rol del sector privado en el financiamiento El sector privado contribuye al financiamiento de la gestión ambiental sobre la base de principios de internalización de costos y de responsabilidad ambiental, sin perjuicio de otras acciones que emprendan en el marco de sus políticas de responsabilidad social, así como de otras contribuciones de carácter voluntario.

CAPÍTULO 4

ACCESO A LA INFORMACIÓN AMBIENTAL Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Artículo 41.- Del acceso a la información ambiental

Conforme al derecho de acceder adecuada y oportunamente a la información pública sobre el ambiente, sus componentes y sus implicancias en la salud, toda entidad pública, así como las personas jurídicas sujetas al régimen privado que presten servicios públicos, facilitan el acceso a dicha información, a quien lo solicite, sin distinción de ninguna índole, con sujeción exclusivamente a lo dispuesto en la legislación vigente.

CONCORDANCIAS: D.S. N° 002-2009-MINAM, Arts. 7 y 20 (Decreto Supremo que aprueba el Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales).

Artículo 42.- De la obligación de informar

Las entidades públicas con competencias ambientales y las personas jurídicas que presten servicios públicos, conforme a lo señalado en el artículo precedente, tienen las siguientes

obligaciones en materia de acceso a la información ambiental: (*) (*) Párrafo modificado por el Artículo 1 del Decreto Legislativo N° 1055, publicado el 27 junio 2008, cuyo texto es el siguiente:

Artículo 42.- De la Obligación de Informar

Las entidades públicas con competencias ambientales y las personas jurídicas que presten servicios públicos, conforme a lo señalado en el artículo precedente, tiene las siguientes obligaciones en materia de acceso a la información ambiental:"

- a. Establecer mecanismos para la generación, organización y sistematización de la información ambiental relativa a los sectores, áreas o actividades a su cargo.
- b. Facilitar el acceso directo a la información ambiental que se les requiera y que se encuentre en el ámbito de su competencia, sin perjuicio de adoptar las medidas necesarias para cautelar el normal desarrollo de sus actividades y siempre que no se esté incurso en excepciones legales al acceso de la información.
- c. Establecer criterios o medidas para validar o asegurar la calidad e idoneidad de la información ambiental que poseen.
- d. Difundir la información gratuita sobre las actividades del Estado y en particular, la relativa a su organización, funciones, fines, competencias, organigrama, dependencias, horarios de atención y procedimientos administrativos a su cargo, entre otros.
- e. Eliminar las exigencias, cobros indebidos y requisitos de forma que obstaculicen, limiten o impidan el eficaz acceso a la información ambiental.
- f. Rendir cuenta acerca de las solicitudes de acceso a la información recibidas y de la atención brindada.
- g. Entregar a la Autoridad Ambiental Nacional la información que ésta le solicite, por considerarla necesaria para la gestión ambiental. La solicitud será remitida por escrito y deberá ser respondida en un plazo no mayor de 15 días, pudiendo la Autoridad Ambiental Nacional ampliar dicho plazo de oficio o a solicitud de parte. (*) (*) Literal modificado por el Artículo 1 del Decreto Legislativo N° 1055, publicado el 27 junio 2008, cuyo texto es el siguiente: “g. Entregar al Ministerio del Ambiente-MINAM la información ambiental que ésta genere, por considerarla necesaria para la gestión ambiental, la cual deberá ser suministrada al Ministerio en el plazo que éste determine, bajo responsabilidad del máximo representante del organismo encargado de suministrar

la información. Sin perjuicio de ello, el incumplimiento del funcionario o servidor público encargado de remitir la información mencionada, será considerado como falta grave."

"h. El MINAM solicitará la información a las entidades generadoras de información con la finalidad de elaborar los informes nacionales sobre el estado del ambiente. Dicha información deberá ser entregada en el plazo que determine el Ministerio, pudiendo ser éste ampliado a solicitud de parte, bajo responsabilidad del máximo representante del organismo encargado de suministrar la información. Sin perjuicio de ello, el funcionario o servidor público encargado de remitir la información mencionada, será considerado como falta grave." (*) (*) Literal incorporado por el Artículo 1 del Decreto Legislativo N° 1055, publicado el 27 junio 2008.

Artículo 43.- De la información sobre denuncias presentadas

43.1 Toda persona tiene derecho a conocer el estado de las denuncias que presente ante cualquier entidad pública respecto de riesgos o daños al ambiente y sus demás componentes, en especial aquellos vinculados a daños o riesgos a la salud de las personas. (*) Numeral modificado por el Artículo 1 del Decreto Legislativo N° 1055, publicado el 27 junio 2008, cuyo texto es el siguiente:

43.1 Toda persona tiene derecho a conocer el estado de las denuncias que presente ante cualquier entidad pública respecto de infracciones a la normatividad ambiental, sanciones y reparaciones ambientales, riesgos o daños al ambiente y sus demás componentes, en especial aquellos vinculados a daños o riesgos a la salud de personas. Las entidades públicas deben establecer en sus Reglamentos de Organización y Funciones, Textos Únicos de Procedimientos Administrativos u otros documentos de gestión, los procedimientos para la atención de las citadas denuncias y sus formas de comunicación al público, de acuerdo con los parámetros y criterios que al respecto fije el Ministerio del Ambiente y bajo responsabilidad de su máximo representante. Las entidades deberán enviar anualmente un listado con las denuncias recibidas y soluciones alcanzadas, con la finalidad de hacer pública esta información a la población a través del SINIA."

43.2 En caso de que la denuncia haya sido trasladada a otra autoridad, en razón de las funciones y atribuciones legalmente establecidas, se debe dar cuenta inmediata de tal hecho al denunciante.

Artículo 44.- De la incorporación de información al SINIA

Los informes y documentos resultantes de las actividades científicas, técnicas y de monitoreo de la calidad del ambiente y de sus componentes, así como los que se generen en el ejercicio de las funciones ambientales que ejercen las entidades públicas, deben ser incorporados al SINIA, a fin de facilitar su acceso para las entidades públicas y privadas, en el marco de las normas y limitaciones establecidas en las normas de transparencia y acceso a la información pública.

Artículo 45.- De las estadísticas ambientales y cuentas nacionales El Estado incluye en las estadísticas nacionales información sobre el estado del ambiente y sus componentes. Asimismo, debe incluir en las cuentas nacionales el valor del Patrimonio Natural de la Nación y la degradación de la calidad del ambiente, informando periódicamente a través de la Autoridad Ambiental Nacional acerca de los incrementos y decrementos que lo afecten.

Artículo 46.- De la participación ciudadana Toda persona natural o jurídica, en forma individual o colectiva, puede presentar opiniones, posiciones, puntos de vista, observaciones u aportes, en los procesos de toma de decisiones de la gestión ambiental y en las políticas y acciones que incidan sobre ella, así como en su posterior ejecución, seguimiento y control. El derecho a la participación ciudadana se ejerce en forma responsable.

CONCORDANCIAS: D.S. N° 002-2009-MINAM, Arts. 7 y 20 (Decreto Supremo que aprueba el Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales).

Artículo 47.- Del deber de participación responsable

47.1 Toda persona, natural o jurídica, tiene el deber de participar responsablemente en la gestión ambiental, actuando con buena fe, transparencia y veracidad conforme a las reglas y procedimientos de los mecanismos formales de participación establecidos y a las disposiciones de la presente Ley y las demás normas vigentes.

47.2 Constituyen trasgresión a las disposiciones legales sobre participación ciudadana toda acción o medida que tomen las autoridades o los ciudadanos que impida u obstaculice el inicio, desarrollo o término de un proceso de participación ciudadana. En ningún caso constituirá trasgresión a las normas de participación ciudadana la

presentación pacífica de aportes, puntos de vista o documentos pertinentes y ajustados a los fines o materias objeto de la participación ciudadana.

Artículo 48.- De los mecanismos de participación ciudadana

48.1 Las autoridades públicas establecen mecanismos formales para facilitar la efectiva participación ciudadana en la gestión ambiental y promueven su desarrollo y uso por las personas naturales o jurídicas relacionadas, interesadas o involucradas con un proceso particular de toma de decisiones en materia ambiental o en su ejecución, seguimiento y control; asimismo promueven, de acuerdo a sus posibilidades, la generación de capacidades en las organizaciones dedicadas a la defensa y protección del ambiente y los recursos naturales, así como alentar su participación en la gestión ambiental.

48.2 La Autoridad Ambiental Nacional establece los lineamientos para el diseño de mecanismos de participación ciudadana ambiental, que incluyen consultas y audiencias públicas, encuestas de opinión, apertura de buzones de sugerencias, publicación de proyectos normativos, grupos técnicos y mesas de concertación, entre otros.

Artículo 49.- De las exigencias específicas

Las entidades públicas promueven mecanismos de participación de las personas naturales y jurídicas en la gestión ambiental estableciendo, en particular, mecanismos de participación ciudadana en los siguientes procesos:

- a. Elaboración y difusión de la información ambiental.
- b. Diseño y aplicación de políticas, normas e instrumentos de la gestión ambiental, así como de los planes, programas y agendas ambientales.
- c. Evaluación y ejecución de proyectos de inversión pública y privada, así como de proyectos de manejo de los recursos naturales.
- d. Seguimiento, control y monitoreo ambiental, incluyendo las denuncias por infracciones a la legislación ambiental o por amenazas o violación a los derechos ambientales.

Artículo 50.- De los deberes del Estado en materia de participación ciudadana

Las entidades públicas tienen las siguientes obligaciones en materia de participación ciudadana:

- a. Promover el acceso oportuno a la información relacionada con las materias objeto de la participación ciudadana.
- b. Capacitar, facilitar asesoramiento y promover la activa participación de las entidades dedicadas a la defensa y protección del ambiente y la población organizada, en la gestión ambiental.
- c. Establecer mecanismos de participación ciudadana para cada proceso de involucramiento de las personas naturales y jurídicas en la gestión ambiental.
- d. Eliminar las exigencias y requisitos de forma que obstaculicen, limiten o impidan la eficaz participación de las personas naturales o jurídicas en la gestión ambiental.
- e. Velar por que cualquier persona natural o jurídica, sin discriminación de ninguna índole, pueda acceder a los mecanismos de participación ciudadana.
- f. Rendir cuenta acerca de los mecanismos, procesos y solicitudes de participación ciudadana, en las materias a su cargo.

Artículo 51.- De los criterios a seguir en los procedimientos de participación ciudadana Sin perjuicio de las normas nacionales, sectoriales, regionales o locales que se establezca, en todo proceso de participación ciudadana se deben seguir los siguientes criterios:

- a. La autoridad competente pone a disposición del público interesado, principalmente en los lugares de mayor afectación por las decisiones a tomarse, la información y documentos pertinentes, con una anticipación razonable, en formato sencillo y claro, y en medios adecuados. En el caso de las autoridades de nivel nacional, la información es colocada a disposición del público en la sede de las direcciones regionales y en la municipalidad provincial más próxima al lugar indicado en el literal precedente. Igualmente, la información debe ser accesible mediante Internet.
- b. La autoridad competente convoca públicamente a los procesos de participación ciudadana, a través de medios que faciliten el conocimiento de dicha convocatoria, principalmente a la población probablemente interesada.
- c. Cuando la decisión a adoptarse se sustente en la revisión o aprobación de documentos o estudios de cualquier tipo y si su complejidad lo justifica, la autoridad competente debe



facilitar, por cuenta del promotor de la decisión o proyecto, versiones simplificadas a los interesados.

d. La autoridad competente debe promover la participación de todos los sectores sociales probablemente interesados en las materias objeto del proceso de participación ciudadana, así como la participación de los servidores públicos con funciones, atribuciones o responsabilidades relacionadas con dichas materias.

e. Cuando en las zonas involucradas con las materias objeto de la consulta habiten poblaciones que practican mayoritariamente idiomas distintos al castellano, la autoridad competente garantiza que se provean los medios que faciliten su comprensión y participación.

f. Las audiencias públicas se realizan, al menos, en la zona donde se desarrollará el proyecto de inversión, el plan, programa o en donde se ejecutarán las medidas materia de la participación ciudadana, procurando que el lugar elegido sea aquel que permita la mayor participación de los potenciales afectados.

g. Los procesos de participación ciudadana son debidamente documentados y registrados, siendo de conocimiento público toda información generada o entregada como parte de dichos procesos, salvo las excepciones establecidas en la legislación vigente.(*).

h. Cuando las observaciones o recomendaciones que sean formuladas como consecuencia de los mecanismos de participación ciudadana no sean tomados en cuenta, se debe informar y fundamentar la razón de ello, por escrito, a quienes las hayan formulado.

Anexo 3: Informes de laboratorio



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA29E19.004018

Nombre del Cliente	: Néstor Mercado Ayamamani
Dirección del Cliente	:
RUC	:
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: Agua M1 Canal Gavilan Aguas Arriba
Tamaño de muestra	: 600 mL
Fecha de Recepción	: 29/05/2019
Fecha de Inicio del Ensayo	: 29/05/2019
Fecha de Emisión de Informe	: 05/06/2019
Página	: 1 de 2

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L)
Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO
Plata (Ag)	0,000
Aluminio (Al)	15,660
Arsénico (As)	0,204
Boro (B)	0,014
Bario (Ba)	0,036
Berilio (Be)	0,011
Calcio (Ca)	86,580
Cadmio (Cd)	0,000
Cobalto (Co)	0,299
Cromo (Cr)	0,000
Cobre (Cu)	0,015
Hierro (Fe)	34,200
Potasio (K)	5,388
Litio (Li)	0,078
Magnesio (Mg)	21,650
Manganeso (Mn)	5,356
Molibdeno (Mo)	0,000
Sodio (Na)	10,030
Niquel (Ni)	0,771
Fosforo (P)	0,000
Plomo (Pb)	0,000
Antimonio (Sb)	0,000





INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA29E19.004018

Nombre del Cliente : Néstor Mercado Ayamamani
Dirección del Cliente :
RUC :
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Agua M1 Canal Gavilan Aguas Arriba
Tamaño de muestra : 600 mL
Fecha de Recepción : 29/05/2019
Fecha de Inicio del Ensayo : 29/05/2019
Fecha de Emisión de Informe : 05/06/2019
Página : 2 de 2

Selenio (Se)	0,000
Silicio (Si)	22,610
Estaño (Sn)	0,000
Estroncio (Sr)	0,811
Titanio (Ti)	0,000
Talio (Tl)	0,000
Vanadio (V)	0,000
Zinc (Zn)	2,114
Mercurio (Hg)	0,000

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA29E19.004018C

Nombre del Cliente : Néstor Mercado Ayamamani
Dirección del Cliente :
RUC :
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Agua M3 Canal Gavilan Aguas Abajo
Tamaño de muestra : 600 mL
Fecha de Recepción : 29/05/2019
Fecha de Inicio del Ensayo : 29/05/2019
Fecha de Emisión de Informe : 05/06/2019
Página : 1 de 2

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
ANALISIS	RESULTADO
Plata (Ag)	0,000
Aluminio (Al)	13,520
Arsénico (As)	0,275
Boro (B)	0,016
Bario (Ba)	0,039
Berilio (Be)	0,011
Calcio (Ca)	103,800
Cadmio (Cd)	0,000
Cobalto (Co)	0,410
Cromo (Cr)	0,000
Cobre (Cu)	0,018
Hierro (Fe)	39,630
Potasio (K)	6,299
Litio (Li)	0,092
Magnesio (Mg)	22,560
Manganeso (Mn)	5,977
Molibdeno (Mo)	0,000
Sodio (Na)	10,780
Niquel (Ni)	0,925
Fosforo (P)	0,000
Plomo (Pb)	0,000
Antimonio (Sb)	0,000





INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA29E19.004018C

Nombre del Cliente	: Néstor Mercado Ayamamani
Dirección del Cliente	:
RUC	:
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: Agua M3 Canal Gavilan Aguas Abajo
Tamaño de muestra	: 600 mL
Fecha de Recepción	: 29/05/2019
Fecha de Inicio del Ensayo	: 29/05/2019
Fecha de Emisión de Informe	: 05/06/2019
Página	: 2 de 2

Selenio (Se)	0,000
Silicio (Si)	26,180
Estaño (Sn)	0,000
Estroncio (Sr)	0,949
Titanio (Ti)	0,000
Talio (Tl)	0,000
Vanadio (V)	0,000
Zinc (Zn)	2,574
Mercurio (Hg)	0,000

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA29E19.004018B

Nombre del Cliente : Néstor Mercado Ayamamani
 Dirección del Cliente :
 RUC :
 Condición del Muestreado : Por el cliente
 Descripción : Agua M2 Laguna Sillacunca
 Tamaño de muestra : 600 mL
 Fecha de Recepción : 29/05/2019
 Fecha de Inicio del Ensayo : 29/05/2019
 Fecha de Emisión de Informe : 05/06/2019
 Página : 1 de 2

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	
ANALISIS	RESULTADO
Plata (Ag)	0,000
Aluminio (Al)	0,000
Arsénico (As)	0,013
Boro (B)	0,010
Bario (Ba)	0,003
Berilio (Be)	4,851
Calcio (Ca)	0,000
Cadmio (Cd)	0,020
Cobalto (Co)	0,000
Cromo (Cr)	0,000
Cobre (Cu)	0,931
Hierro (Fe)	1,191
Potasio (K)	0,027
Litio (Li)	2,255
Magnesio (Mg)	0,165
Manganeso (Mn)	0,000
Molibdeno (Mo)	2,356
Sodio (Na)	0,024
Niquel (Ni)	0,000
Fosforo (P)	0,000
Plomo (Pb)	0,000
Antimonio (Sb)	0,000





INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA29E19.004018B

Nombre del Cliente : Néstor Mercado Ayamamani
Dirección del Cliente :
RUC :
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Agua M2 Laguna Sillacunca
Tamaño de muestra : 600 mL
Fecha de Recepción : 29/05/2019
Fecha de Inicio del Ensayo : 29/05/2019
Fecha de Emisión de Informe : 05/06/2019
Página : 2 de 2

Selenio (Se)	10,050
Silicio (Si)	0,000
Estaño (Sn)	0,042
Estroncio (Sr)	0,000
Titanio (Ti)	0,000
Talio (Tl)	0,000
Vanadio (V)	0,019
Zinc (Zn)	0,000
Mercurio (Hg)	0,000

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad