

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA

ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL



**CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS Pb, Cr Y Cd EN
AGUA SUPERFICIAL, SEDIMENTO Y *Ananas Comosus* (PIÑA)
EN EL CURSO DE AGUA DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL
RELAVE EN SAMNE – OTUZCO**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

Autores:

Br. RAMÍREZ GHIORZO ROSSY DEL CARMEN EMILYN

Br. VARGAS SALINAS HUGO ARTURO

Asesor:

Ing. MENDOZA BOBADILLA JORGE LUIS

TRUJILLO-PERÚ

2017

Ing. José Rivero Méndez

Presidente

Ing. Alberto Quezada Álvarez

Secretario

Ing. Jorge Luis Mendoza Bobadilla

Asesor

PRESENTACIÓN

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO

En cumplimiento con las disposiciones establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Trujillo, nos es honoroso presentar el trabajo titulado: “CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS PB, CR Y CD EN AGUA SUPERFICIAL, SEDIMENTO Y ANANAS COMOSUS EN EL CURSO DE AGUA DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RELAVE EN SAMNE - OTUZCO”, que sustentaremos como tesis para obtener el Título de Ingeniero Ambiental, si vuestro dictamen es favorable.

Trujillo, setiembre del 2017.

DEDICATORIA

La presente tesis profesional, la dedico
A Dios por ser mi guía en todo momento
por protegerme en todos los caminos que he
recorrido además de darme la fuerza
necesaria para seguir. A mi familia por ser
el pilar fundamental de mi vida, a mis
amigos, quienes son personas muy
especiales, además de brindarme su gran
apoyo y siempre están a mi lado.

Emilyn Ramírez Ghiorzo

La presente tesis profesional, la dedico
A mis padres quienes me apoyaron todo el
tiempo, siendo el pilar de mi hogar y por
quienes luchó día con día. A mis maestros
quienes siempre depositaron su esperanza
en mí. A todos los que me apoyaron para
concluir esta tesis.

Hugo Vargas Salinas

AGRADECIMIENTOS

A nuestra ALMA MATER, UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO, por brindarnos los conocimientos elementales para nuestra formación profesional, además de permitirnos llevar a cabo en sus instalaciones la ejecución de la tesis.

Al ING. JORGE LUIS MENDOZA BOBADILLA por la asesoría desinteresada, su paciencia, comprensión y la colaboración de su saber en el desarrollo de la tesis.

Al ING. MANUEL SÁNCHEZ, mayor de la PNP, EL ING. ALIAGA, capitán de la PNP, Y LOS SUB OFICIALES quienes nos brindaron su apoyo y conocimientos en el Análisis de las muestras con el Equipo de Adsorción Atómica, además de permitirnos ensayar durante un tiempo hasta lograr el buen manejo del equipo.

A los POBLADORES que viven cerca del relave minero de SAMNE, quienes nos apoyaron en la toma de muestras del relave minero.

ÍNDICE

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT	XII
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	13
1.2. ANTECEDENTES	15
1.3. MARCO TEÓRICO	25
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	33
1.5. OBJETIVOS	34
1.5.1. GENERAL	34
1.6.2. ESPECÍFICOS.....	34
1.6. IMPORTANCIA	34
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	35
2.1. MATERIAL DE ESTUDIO.....	35
2.2. MATERIALES	35
2.3. METODOS	36
2.3.1. Análisis de las muestras de relave	36
2.3.2. Muestreo del sedimento y el agua superficial.....	36
2.3.3. Análisis de las muestras de agua.....	37
2.3.4. Análisis de las muestras de sedimento	37
2.3.5. Procedimiento de muestreo de <i>Ananas comosus</i>	38
2.3.6. Realización de ensayos de absorción atómica	38
2.3.7. Cálculos de la concentración de los metales pesados presentes en las muestras en fase seca	38
2.3.8. Cálculos de la concentración de los metales pesados presentes en las muestras en fase húmeda	39
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES	40
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL RELAVE MINERO	40
3.2. CONCENTRACIONES DE LOS METALES EN LAS MUESTRAS.....	43
3.1.1. CONCENTRACIONES DE LOS METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AGUA SUPERFICIAL.....	43
3.1.2. CONCENTRACIONES DE LOS METALES PESADOS EN MUESTRAS DE SEDIMENTO	45
3.1.3. CONCENTRACIONES DE LOS METALES PESADOS EN MUESTRAS DE <i>Ananas Comosus</i>	49

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	52
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	53
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
CAPÍTULO VIII: ANEXOS	59
8.1. Anexo I: Mapa de Ubicación de los puntos de muestreo en la Zona de Influencia de los relaves mineros de Samne – Otuzco.	59
8.2. ANEXO II: Caracterización de los relaves mineros de Samne	60
8.3. ANEXO III: Resultados realizados en Aguas Superficiales, Sedimentos y Ananas Comosus – Muestreo N°1.....	60
8.4. Anexo IV: Resultados realizados en Aguas Superficiales, Sedimentos y Ananas Comosus – Muestreo N°2	62
8.5. ANEXO V: Normas y Estándares de Calidad Ambiental.....	67
8.6. ANEXO VI: Normas y Estándares de Calidad Ambiental para Agua.....	71
8.7. ANEXO VII: Normas y Estándares de Calidad Ambiental	77
8.8. ANEXO VIII: Panel fotográfico	79

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO I

Tabla N° 01: Coordenadas de los puntos de muestreo a lo largo de la rivera de la zona de influencia en la Rivera del Rio Moche en Samne.....	37
---	----

CAPITULO II

Tabla N° 02: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de Relave minero.....	40
Tabla N°3: Concentraciones de los metales pesados por estratos en el relave minero de Samne.....	60
Tabla N°4: Análisis de Pb en el muestreo N° 01.....	60
Tabla N°5: Análisis de Cd en el muestreo N° 01.....	61
Tabla N°6: Análisis de Cr en el muestreo N° 01.....	61
Tabla N°7: Análisis de Pb en el muestreo N° 02.....	62
Tabla N°8: Análisis de Cd en el muestreo N° 02.....	63
Tabla N°9: Análisis de Cr en el muestreo N° 02.....	63
Tabla N° 10: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de agua superficial del rio moche en el mes octubre.....	64
Tabla N° 11: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de agua superficial del rio moche en el mes noviembre.	64
Tabla N° 12: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de sedimentos del rio moche en el mes octubre.	64
Tabla N° 13: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de sedimentos del rio moche en el mes noviembre.	65
Tabla N° 14: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de agua superficial y sedimentos.	65
Tabla N° 15: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de <i>Ananas Comosus</i> en el mes de octubre.	66
Tabla N° 16: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de <i>Ananas Comosus</i> en el mes de noviembre.	66
Tabla N° 17: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd y porcentaje de humedad de las muestras de <i>Ananas Comosus</i>	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. N°1: Concentración de metal pesado Pb en las muestras del relave comparado con los Estándares de Calidad Ambiental.	41
Fig. N°2: Concentración de metal pesado Cd en las muestras del relave.....	42
Fig. N°3: Concentración de metal pesado Cr en las muestras del relave.....	42
Fig. N°4: Concentración de metal pesado Pb en las muestras de agua superficial.....	43
Fig. N°5: Concentración de metal pesado Cd en las muestras de agua superficial.....	44
Fig. N°6: Concentración de metal pesado Cr en las muestras de agua superficial.	44
Fig. N° 7: Concentraciones de Pb en las muestras de Sedimentos.....	45
Fig. N°8: Concentraciones de Cd en las muestras de Sedimentos.....	46
Fig. N°9: Concentraciones de Cr en las muestras de Sedimentos.	46
Fig. N°10: Resultados de Metales Pesados en las Muestras de Agua Superficial.....	47
Fig. N°11: Resultados de las concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de sedimentos.....	48
Fig. N°12: Resultados de Pb en las Muestras de <i>Ananas Comosus</i>	49
Fig. N°13: Resultados de Cd en las Muestras de <i>Ananas Comosus</i>	50
Fig. N°14: Resultados de Cr en las Muestras de <i>Ananas Comosus</i>	50
Fig. N°15: Zona de influencia del relave minero en Samne- Otuzco.....	59
Fig. N°16: Relaves mineros de Samne – Otuzco.....	79
Fig. N°17: Curso de Agua del Río Moche en la zona de influencia del Relave minero en Samne – Otuzco.....	79
Fig. N°18: Plantaciones de <i>Ananas comosus</i> (piña) aledañas al relave minero de Samne – Otuzco.....	80
Fig. N°19: Pobladores cultivando la <i>Ananas comosus</i> cerca del relave minero de Samne – Otuzco.....	80
Fig. N°20: Acotación de los puntos de muestreo cada 20metros para el sedimento y agua superficial.	81
Fig. N°21: Método de muestreo del agua superficial de la Cuenca del Río Moche (<i>izquierda</i>), Muestra de agua superficial (<i>derecha</i>).	81
Fig. N°22: Método de muestreo de sedimento del Río Moche (<i>izquierda</i>), muestra de sedimento del Río Moche (<i>derecha</i>).	82

Fig. N°23: Método de muestreo de sedimento del Río Moche (<i>izquierda</i>), muestra de sedimento del Río Moche (<i>derecha</i>).....	82
Fig. N°24: Separación de los órganos de la <i>Ananas comosus</i> , pulpa, tallo, raíz y cáscara (<i>izquierda</i>), Método de cuarto para la extracción de la muestra de cada parte de la <i>Ananas comosus</i> (<i>derecha</i>).	83
Fig. N°25: Método para determinar el porcentaje de humedad, peso de las muestras en húmedo (<i>izquierda</i>), muestras puestas a la estufa a 150°C por 24horas (<i>derecha</i>).....	83
Fig. N°26: Peso de la muestra de sedimento luego se secarla en la estufa (<i>izquierda</i>), Peso de la muestra de <i>Ananas comosus</i> luego se secarla en la estufa (<i>derecha</i>).....	84
Fig. N°27: Disolución de las muestras con Ácido Nítrico (<i>izquierda</i>), Digestión de las muestras a 105°C por 2 horas (<i>derecha</i>).....	84
Fig. N°28: Filtración de las muestras.....	85
Fig. N°29: Análisis de las muestras en el Equipo Espectrofotómetro de Absorción Atómica.	85

RESUMEN

En el presente trabajo se cuantificó la concentración de metales pesados como plomo, cromo y cadmio en muestras de agua superficial, sedimento y *Ananas Comosus* (piña), comparándolos con los Estándares de Calidad Ambiental. Se tomaron 5 puntos de muestreo en la zona de influencia de la relavera en el río Moche a la altura de Samne, separados cada 20 metros, en dos épocas durante el año (avenida y estiaje); y además se tomaron las muestras de *Ananas comosus*. Las muestras de sedimento y *Ananas comosus* (piña) fueron secadas en estufa a 105°C por 24 horas, luego pasaron a digestión con Ácido nítrico al 70% a 150°C por 2 horas, luego se filtraron y aforaron hasta 50ml con agua destilada, finalmente se realizó el análisis en el equipo de absorción atómica. Los resultados de la caracterización muestran que la concentración de los metales pesados Pb, Cr y Cd del relave minero ubicado en el distrito de Samne se encuentran por encima de los estándares establecidos por la norma; con una concentración promedio de 14719.437mg/kg para Pb, 161.493mg/kg de Cd y 613.645mg/kg de Cr. Luego los análisis de las muestras de sedimento, agua superficial y *Ananas comosus* indicaron que las concentraciones más altas fueron en las muestras de sedimento con concentraciones promedio de 723.36 mg/kg para el Pb, 5.102 mg/kg para el Cd y 18.28 mg/kg para Cr; a comparación de las muestras de agua superficial con concentraciones promedio de 0.97 mg/kg para el Pb, 0.062 mg/kg para el Cd y 0.099 mg/kg para Cr y en el caso de la muestra de *Ananas comosus*, la mayor concentración era del metal pesado Cr en las cascarras de la *Ananas comosus*, con un promedio de 3.025mg/kg, para ambos muestreos, semejante a Pb con una concentración promedio de 2.262mg/kg; además en comparación con la ley internacional, ambos metales se encuentran por encima de los estándares establecidos, pero el Cd que presentó la menor concentración en las muestras no se pueden comparar con la ley internacional, puesto que no cuenta con estándar límite para este metal.

Palabras claves: *Ananas Comosus* (piña), sedimentos, agua superficial y ECA.

ABSTRACT

In the present work the concentration of heavy metals such as Lead, Chromium and Cadmium in surface water, sediments and *Ananas comosus* (pineapple) samples was comparing with the Environmental Quality Standards. For which 5 Sampling points were taken in the zone of influence of the mine tailings in the Moche river on the area of Samne, each point was separated on 20 meters, in two stage during the year (flood and low); and also was taken the sample of *Ananas comosus*. The sediment samples and *Ananas comosus* (pineapple) samples were oven dried at 105 °C for 24 hours, then passed a digestion with 70% nitric acid at 150 °C for 2 hours, then were filtered and diluted to 50 ml with distilled water, finally the analysis was performed on the atomic absorption equipment. The results of the characterization of the concentration of heavy metals Pb, Cr and Cd of the mining mine located in the district of Samne are above the standards established by the legal requirements; with a mean concentration of 14719.437 mg/kg for Pb, 161,493 mg/kg of Cd and 613,645 mg/kg of Cr. After that, the samples of surface water, sediment and *Ananas comosus* indicated the highest concentrations in sediment samples with mean concentrations of 723.36 mg/kg for Pb, 5.102 mg/kg for Cd and 18.28 mg/kg for Cr; in comparison of surface water samples with mean concentrations of 0.97 mg/kg for Pb, 0.062 mg/kg for Cd and 0.099 mg/kg for Cr and in the case of the sample of *Ananas comosus*, The highest concentration was of the heavy metal Cr in the *Ananas comosus peel*, with an mean concentration of 3.025 mg/kg, for both samples, similar a Pb with a mean concentration of 2,262 mg/kg; in addition to the comparison with international law, the two metals are above the established standards, but the Cd that showed the lowest concentration in the samples can't be compared with International laws because this law don't have a legal requirement for this heavy metal.

Key words: *Ananas comosus* (pineapple), sediments, surface water and EQS.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

La minería es una actividad extractiva que consiste en la obtención selectiva de minerales y otros materiales obtenidos de la corteza terrestre, la cual, en muchos casos, implica la extracción física de grandes cantidades de materiales de la misma, para recuperar sólo pequeños volúmenes del producto deseado. Existe una gran variedad de minerales explotados a lo largo del territorio nacional como los metales (oro, plata, cobre, hierro, etc.), los minerales industriales (potasio, azufre, cuarzo, etc.), los materiales de construcción (arena, áridos, arcilla, grava etc.), las gemas (diamantes, rubíes, zafiros y esmeraldas), y combustibles (carbón, lignito, turba, petróleo y gas). (García & Tongombol, 2012)

Además, es una de las actividades más importantes por la generación de empleos, la participación activa en el incremento del Producto Bruto Interno y en el ingreso per cápita nacional; sin embargo, tiene un efecto negativo; tal es el caso de los relaves los mismos que ocasionan diversos impactos ambientales, sociales y económicos. Por ello, surgió un interés de conocer y dar a conocer información acerca de este problema. Los residuos provenientes de la actividad minera son por su composición y densidad, materiales peligrosos capaces de romper los equilibrios de los ecosistemas, afectar la salud pública, degradar cuerpos de agua y modificar paisajes naturales. La inadecuada disposición de relaves y desmontes, así como los métodos inapropiados para su tratamiento; han causado casos graves de filtraciones, drenaje de ácidos y contaminación de cuerpos acuíferos, así como otros efectos negativos en la biodiversidad y los ecosistemas. El relave viene a ser el residuo resultante del proceso de concentración de minerales, constituido en un lodo que contiene mineral sedimentado en pequeñas fracciones de rocas inertes e inocuas en grandes volúmenes. El lodo del relave lo constituye una serie de elementos y/o compuestos químicos resultantes o utilizados en las actividades del proceso minero, señalados también como potenciales contaminantes hídricos: Ácidos, metales en su forma de iones tales como cobre, plomo, zinc, níquel, fierro, arsénico, cadmio, Cianuro de sodio (en la minería aurífera), reactivos químicos:

ácidos, álcalis, espumas y colectores, modificadores como el cianuro de sodio (NaCN), etc. (Cruzado & Bravo, 2010)

La exposición a metales pesados cada época se incrementa más, pero la intoxicación plúmbica crónica por exposición ambiental constituye un problema de salud pública en Perú, Latinoamérica y a nivel mundial, por sus efectos en la calidad de vida de las personas, particularmente de los niños expuestos. (Ramos et al, 2009).

Además actualmente la presencia de metales pesados en los cultivos es muy frecuente ya que estos han desarrollado mecanismos capaces de absorber, trasladar y acumularlos como nutrientes, aunque algunos metales y metaloides no son esencialmente absorbidos; esto lo hace altamente peligroso ya que las plantas son el primer paso de la entrada a la cadena alimenticia. (Lasat, 2000).

Nuestro país desde el año 2006 el Ministerio de Energía y Minas viene actualizando el inventario nacional de Pasivos Ambientales Mineros (PAM) por regiones. A nivel de regiones, en 21 de las 24 regiones se han identificado PAM. Ancash, Cajamarca y Puno son los que registran el más alto número de PAM, con más de 1000; luego se encuentra Huancavelica, Junín y Lima con más de 600 PAM. De acuerdo al Ministerio de Energía y Minas existe PAM que fueron abandonados por mineros desde 1920. En este estudio brinda la información que la Región La Libertad se han identificado 510 pasivos ambientales mineros hasta la actualidad. (Chávez, 2015).

1.2. ANTECEDENTES

Dentro de los estudios previos utilizados como base para esta investigación tenemos a Azhari et al. (2016) quien indica que los sedimentos muestran altas concentraciones de Pb que fueron encontrados río abajo cerca a los relaves dejado por mina [97 – 11200 mg/kg], estas concentraciones están derivadas de la mina abandonada. También se encontró altas concentraciones de As [110 – 390 mg/kg], que probablemente derivado de fuentes antropogénicas que corresponden a la agricultura. Además, indica el índice de Potencial Riesgo Ecológico que estas concentraciones tanto Pb como As son altamente tóxicas para los organismos que habitan en los sedimentos. Por el contrario, indican que las bajas concentraciones encontradas de Zn y Cu son derivadas por fuentes naturales.

Un estudio realizado por Ruiz & Armienta (2012), en Taxco, México, donde existe actividad minera, se encontró que el Zn y el Pb fueron los elementos con mayor concentración en los sustratos y en las plantas. En los sustratos, las concentraciones de Zn variaron de 175.2 a 16193 mg/kg y las de Pb de 66.5 a 6166 mg/kg. A los 70 días de crecimiento el Zn presentó concentraciones de 54.7 a 3555.4 mg/kg y el Pb de 11.1 a 320.3 mg/kg en las raíces. En la parte aérea se determinaron contenidos de 30.8 a 519.8 mg/kg para el Zn y de 3.7 a 38.5 mg/kg para el Pb. A los 30 días los contenidos de Zn en raíz variaron entre 88.9 y 504.8 mg/kg y los de Pb entre 25.2 y 300.9 mg/kg; en la parte aérea se determinaron concentraciones para el Zn de 15.5 a 555.6 mg/kg y para el Pb de 2.2 a 10.8 mg/kg.

De las concentraciones totales (recuperables) obtenidas mediante la digestión de los EPT's analizados, se destacan sobre todo las concentraciones del perfil 3 como el de mayor impacto y el del perfil 2 como de posible zona de referencia. En los seis perfiles se destaca que la concentración de la mayoría de los EPT's es mayor en las muestras del horizonte más superficial, sobre todo para arsénico, plomo y zinc, así como en menor medida para el cobre. Esto podría ser indicativo de un posible impacto de los suelos a partir de los jales mineros, considerando que las concentraciones de estos EPT's en los horizontes superiores son equivalentes a los reportados para los jales del área. (Moreno, Téllez, & Monroy, 2003).

Esto se puede corroborar con el grado de contaminación que se tiene en las zonas aledañas a las presas de los jales históricos de Zimapán, generado por la movilidad de los contaminantes. Las concentraciones de As, Pb y Zn pueden alcanzar hasta los 3000 mg/Kg para el perfil 3 mientras que para el perfil 2 la concentración de estos elementos no es superior a 300 mg/Kg. A reserva de que deberá determinarse para el área las concentraciones geoquímicas de fondo de EPT's en suelos, estas concentraciones de arsénico en el suelo superficial colectado en todos los perfiles de suelo, son superiores a las concentraciones de referencia para suelos de uso agrícola y residencial (22 mg/Kg) y para suelos de uso industrial (260 mg/Kg), que se proponen en el anteproyecto de Norma Oficial Mexicana que establece los criterios para la remediación de suelos contaminados por metales y metaloides. En cuanto al plomo, a excepción del perfil 2, las concentraciones de este metal en los horizontes superficiales son superiores a las concentraciones de referencia para suelos de uso agrícola y residencial (400 mg/Kg) y para suelos de uso industrial (750 mg/Kg), que se proponen en el citado anteproyecto de Norma Oficial Mexicana. La concentración del cadmio está por debajo de los valores de referencia para ambos tipos de suelo, mientras que el resto de EPT's analizados no están incluidos en el proyecto de NOM. Por otra parte, sobresale en el perfil 3 un horizonte identificado como H-3 (a 35-40 cm de profundidad), que podría corresponder también a residuos mineros que impactaron históricamente a los suelos en el área. (Reyes, Veloz & Vargas, 2009)

Kirschbaum, Arnosio & Ribeiro (2008) presentan los avances en el conocimiento de tres pasivos mineros del noroeste argentino, denominados La Concordia, Planta de Tratamiento La Poma y Pan de Azúcar. En cada sitio se estudiaron aguas superficiales, sedimentos, suelos y minerales secundarios. Los diques de colas fueron descritos estratigráficamente y se realizó en laboratorio un ensayo de caracterización físicoquímica de agua de poro. Los resultados obtenidos señalan que estos PAM constituyen fuentes de aporte de metales pesados en aguas, sedimentos fluviales y suelos de la región. El agua de lluvia que se infiltra en estos materiales promueve la oxidación de los sulfuros, disminuyendo el pH del sistema. Las eflorescencias salinas retienen los metales pesados actuando como receptoras temporales. La afectación al medio ambiente continuará en el tiempo hasta tanto no se tomen medidas de remediación y saneamiento de estos sitios.

Así mismo los resultados que muestra Jiménez (2012) en el análisis del puente Portete del Estero salado en Guayaquil, indican que la *Crassostrea columbiensis* es capaz de bioacumular cadmio, cromo, níquel y plomo, además el agua superficial tiene concentraciones que están por debajo de los Límites Máximos Permisibles, pero muestran unas altas concentraciones de metales pesados en los sedimentos indicando que el ecosistema se encuentra contaminado y puede influenciar en la especie de estudio.

Por otro lado, la cuantificación de metales pesados realizados en Biota y Sedimentos de la Bahía de Corral en la provincia de Valdivia, Chile, indican que no se encuentran en un estado químico necesario para ser bioacumulables. Pero si muestra que algunos metales pesados se encuentran por encima de los límites máximos permisibles según la legislación de Chile. (Velásquez, 2005)

En este estudio de Impacto Ambiental de la mina abandonada en Lousal, Portugal la cual genera problemas ambientales debido al cierre de la mina y la falta de infraestructura de mantenimiento, conlleva a que los relaves presentes afectan el agua superficial y los sedimentos, presentando altas concentraciones de metales pesados como Cu, Pb, Zn, As, Cd y Hg. (Luis & et al, 2011)

El análisis sobre la Cuantificación y Riesgo ecológico de la contaminación por metales pesados en sedimentos del Rio Lean, China, muestra que las concentraciones de metales pesados son significativas e indican un riesgo ecológico potencial muy alto. El estudio indica que las concentraciones de metales tales como Cd, Cu y Hg son las que tienen efectos dañinos debido a las actividades mineras y actividades agrícolas en esta área. (Haiyang Chen, Ruihui Chen, Yanguo Teng, Jin Wu, 2015).

Medina & et al. (2004), evaluaron las concentraciones de cadmio, cromo, cobre y plomo en los sedimentos y en organismos de tres especies de pepinos de mar (*Holothuria floridana*, *Isostichopus badionotus* y *Astichopus multifidus*), de las costas del Estado de Yucatán, México; de manera paralela se explora la relación

entre las concentraciones de metales pesados en el sedimento y en los pepinos de mar con la finalidad de valorar la posibilidad del uso de estos organismos como bioindicadores. La colecta de muestras se realizó durante el año 2002 en tres zonas de la costa de Yucatán: San Felipe, Progreso y Sisal. Las determinaciones de la concentración de metales en las muestras se hicieron por absorción atómica. Los valores puntuales de las concentraciones en mg/kg de peso seco estimados son los siguientes Cadmio: Sedimentos 2.224, *Astichopus multifidus* 0.416, *Isostichopus badionotus* 0.795, *Holothuria floridana* 2.731; Cromo: Sedimentos 4.548, *Astichopus multifidus* 0.170, *Isostichopus badionotus* 0.326, *Holothuria floridana* 0.988, Cobre: Sedimentos 1.844, *Astichopus multifidus* 0.226, *Isostichopus badionotus* 1.010, *Holothuria floridana* 1.047; Plomo: Sedimentos 19.373, *Astichopus multifidus* 0.146, *Isostichopus badionotus*, 4.311, *Holothuria floridana* 2.047 y en el cuerpo del trabajo se presentan los límites mínimo y máximo de estimación para un intervalo de confianza del 95%. Se concluye que no existe una relación clara entre la concentración de los metales en sedimentos y las especies de pepino de mar.

Acosta & et al (2002) evaluaron la calidad de los litorales continentales de Venezuela, donde comunidades costeras explotan la almeja *Tivela mactroides*, se determinó la concentración de metales pesados (Cu, Mn, Fe, Zn, Cd, Ni, Pb y Cr) en el sedimento superficial, así como parámetros ambientales (temperatura, salinidad, O₂ disuelto, pH, biomasa fitoplanctónica, seston, N y P totales) en el agua de las localidades de Playa Güiria estableciéndose contaminación dada por los niveles de los parámetros ambientales (>28°C; <5,6ml/l O₂ disuelto; >55µmol/l N total, >17µmol/l P total) y de los metales pesados en sus sedimentos superficiales (>18µg/g Cu; >3µg/g Cd; >5µg·g⁻¹ Cr; >0,9µg/g Pb; >11µg/g Ni). La perturbación ambiental encontrada se relacionó con la descarga del río Tuy, el cual desemboca en Boca de Páparo, siendo los valores de metales pesados más altos que los reportados de estudios de hace 14 años. Los valores determinados en la zona de Playa Güiria no mostraron contaminación ambiental (0,03µg/g Cu; 0,5µg·g⁻¹ Cd y no se detectó Cr, Pb ni Ni).

El estudio de niveles de Concentración de elementos potencialmente peligrosos al medio ambiente y la salud debido a las actividades de la industria minera del oro en el Lago Victoria, Kenya indica que los desechos mineros generan una gran concentración de efluentes que contienen elementos potencialmente peligrosos, además cuantificaron las concentraciones de metales como As, Cd, Hg y Pb, indicando la alta concentración de estos metales presentes en los sedimentos, aguas superficiales y peces que habitan en el lago. Estas concentraciones de estos metales pueden generar consecuencias graves en la salud humana y el medio ambiente. (Ngure & et al., 2014)

Hernández, A. (2011) cuantifico Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y plomo (Pb), en suelos del Municipio de Natividad, Ixtlán, Oaxaca en dos épocas estacionales, se extrajo metales del suelo, se realizó una digestión acida y se cuantificó mediante ICP-OES (espectrofotometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente), además se realizó la caracterización del suelo para relacionar los parámetros fisicoquímicos con la concentración de los metales pesados, de acuerdo a los resultados el As y Pb superaron los niveles establecidos por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.

Oyarzún et al., (2016) analizaron rocas ígneas, suelos, sedimentos de ríos y arroyos, y los depósitos de relaves. Los elementos químicos se han agrupado según la clasificación Goldschmidt, y sus concentraciones en cada compartimento; los resultados destacan la similitud entre la composición química de las andesitas y el del medio de la corteza continental, a excepción de los más altos contenidos V y Mn de la antigua, y su agotamiento en Mg, Ni, y Cr. El comportamiento geoquímico de los elementos en los diferentes compartimentos (rocas, suelos, sedimentos y residuos) es altamente consistente con la movilidad esperada de sus potenciales iónicos, sus sulfatos y carbonatos de los productos de solubilidad, y sus afinidades por hidróxidos de Fe y Mn. De un punto de vista ambiental, la baja solubilidad de Cu, Zn, Pb y debido a las condiciones climáticas, químicas y mineralógicas factores reducen los riesgos de contaminación relacionados con sus altos a muy altos contenidos en la fuente materiales (por ejemplo, rocas, zonas alteradas, colas). Además, los complejos oxianiones de

arsénico quedar obligados por partículas coloidales de Fe-hidróxidos y oxihidróxidos (por ejemplo, goethita), quedando así incorporados a la fracción de sedimento fino en los sedimentos de corriente.

Para el análisis de las concentraciones de metales pesados en muestras de sedimentos del río Muluya, la Ansegmir tributaria y la presa de Hassan II situada aguas abajo de la mina abandonada se utilizó factor de contaminación (CF), índice de carga contaminante (PLI) y el índice de geoacumulación (Igeo). Los valores más altos (> 6 CF) de Pb que se han observado aguas abajo de las colas promover una alta contaminación de Pb en esa área específica. Los resultados mostraron que todas las estaciones, a excepción de los de aguas arriba de los relaves y en la II presa de Hassan, se han encontrado de moderada a altamente contaminada. Los resultados confirmaron la elevada contaminación de Pb, y la comparación con las directrices de calidad de sedimentos revelaron que los niveles de Pb y As son potencialmente tóxicos para los organismos habitantes de los sedimentos. La contaminación de Pb se encuentra exclusivamente cerca y aguas abajo de las colas. Estos últimos se pueden ser considerados como una fuente importante punto de Pb en el río Muluya. (Abdellah & et al., 2016).

En el estudio realizado por Bonnail et al. (2015), se caracterizó el riesgo ecológico de los metales en sedimentos de la cuenca del Rio Odiel por medio de índices teóricos, por lo cual muestrearon sedimentos fluviales en cuatro puntos del tramo del rio Odiel, atendiendo a diferentes grados de contaminación: En la cabecera del río, antes de ningún vertido de procedencia minera (O1); aguas abajo, después del vertido minero de Mina Esperanza (O2); cerca de la desembocadura en el Atlántico y antes de la entrada al Estuario de Huelva (O3). Se colectaron también sedimentos del fondo de un embalse afectado por AMD (ES). Los resultados mostraron que los elementos mayoritarios hallados en los sedimentos de la cuenca son Fe> Mn> Cu> Zn> Pb. Sin embargo los elementos que se encuentran en forma biodisponible son Fe>Cu>Zn>Mn>Pb. La concentración de Cd se encuentra casi en su totalidad en forma biodisponible (95%) en toda la cuenca, mientras que la fracción biodisponible resulta casi insignificante para el As (4.4%), respecto a su concentración total.

Miranda et al. (2008) analizo los metales pesados plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (As) y mercurio (Hg), en muestras de agua, suelo y parte comestible de la lechuga (Coolguard), apio (Tall Utah), repollo (hibrido Delus y brócoli (Hibrido Legacy), los cuales están ubicados en una finca en Spacha, Cundinamarca, a la altura de la cuenca media del rio Bogotá, finalmente los resultados mostraron que la concentración de Cd en el agua de riego estaban muy cercanas a los límites establecidos por la norma, mientras que en las muestras de suelo y plantas estuvieron dentro del rango normal; pero la lechuga y el apio presentaron contaminación con Cd superando el límite de la norma de la Unión Europea y en todas las hortalizas, la concentración de Pb superó la concentración máxima permitida en alimentos.

Por otro lado Parra & Espinoza (2008), evaluaron la distribución vertical de metales pesados Pb, Cd y Zn en el sedimento asociado a las plantas de *Rhizophora mangle*, y determinaron si las concentraciones son potencialmente biodisponibles y no biodisponibles, en tres perfiles de sedimento colectados en el río Sevilla, Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia; Las concentraciones de metales pesados fueron determinadas con la técnica de Espectrofotometría de Emisión con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP-AES); a mayor concentración de Cd biodisponible en el punto 1 (0.786 µg/g) se registró en el estrato de 25-30 cm; en el punto 2 (0.572 µg/g) en el estrato de 15-20 cm; y en el punto 3 (0.441 µg/g) en el estrato de 30-35 cm de profundidad. La máxima concentración de Pb potencialmente biodisponible se midió en el estrato de 25-30 cm de profundidad en los puntos 1 y 3 (18.0 y 9.0 µg/g, respectivamente); y en el estrato de 20-25 cm en el punto 2 (9.6 µg/g). Las menores concentraciones de Pb potencialmente biodisponible se midieron en el estrato de 5-10 cm en el punto 1 (4.9 µg/g); La mayor concentración de Zn potencialmente biodisponible se encontró en el estrato 25-30 cm de profundidad en los puntos de muestreo 1 y 2 (42 y 48 µg/g respectivamente); y en el estrato 10-15 cm (31 µg/g) en el punto 3. Finalmente los resultados mostraron que en el ecosistema de manglar del río Sevilla estos metales se acumulan principalmente en formas no biodisponibles, lo cual indica que la mayor parte de estos elementos se encuentran retenidos en el sedimento.

Dentro de las investigaciones a nivel nacional referentes al tema tenemos al trabajo realizado por Salas (2014), quien determinó los niveles de arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), mercurio (Hg), plomo (Pb) y zinc (Zn) en muestras de agua del Río Ananea, Puno, Perú, el cual está contaminado por la actividad minera, para esto se programó tres campañas de muestreo, y las muestras se determinaron por espectroscopia de absorción atómica. Todos los metales analizados, excepto el Hg, superan los LMP en el agua del río Ananea, de modo que en el mediano y largo plazo se podría esperar efectos a nivel de la biología y ecología de organismos asociados al río Ananea.

Guerrero & Zavala (2006) analizaron también la actividad minera en la cuenca del Río Ramis ubicado en Puno, muestrearon y analizaron aguas y sedimentos superficiales en las cercanías a las minas en actividad como San Rafael, Ananea y Rinconada, además de las abandonadas como Poderosa y Cecilia. Al analizar los sedimentos por el índice de geoacumulación, en la mayoría de casos no se detectó contaminación metalífera, a excepción de los sedimentos alrededor de la mina San Rafael (moderada a fuerte contaminación); así mismo los de la quebrada Jampaturi (fuerte a muy fuerte contaminación) por influencia de la mina La Poderosa.

En la provincia de Cajamarca, distrito de Hualgayoc se analizó suelo y muestras de plantas en una mina polimetálica (principalmente Ag, Pb y Cu). Se analizaron los mejores suelos (0-20 cm) para las propiedades físicas y químicas mediante procedimientos estándar. Las concentraciones totales de As, Cu, Pb y Zn en suelos superiores fueron determinadas por ICP-OES. Metales similares en plantas eran analizados por separado (aérea y sistema radical) por ICP-MS. Translocación Factor (TF) y Acumulación Shoot Factor (SAF) se determinaron para evaluar las estrategias de tolerancia desarrolladas por estas especies y evaluar su potencial para fines de fitorremediación. Las muestras de suelo y de la planta fueron tomadas en cuatro lugares (CA1, CA2, CA3, CA4), así como la capa superficial del suelo de referencia local (CA0). El rango de valores totales de suelo en mg kg⁻¹ es el siguiente: Como 280-1029; Cu 256-2070; Pb y Zn 3992-16,060 11,550-

28,059, respectivamente. Las concentraciones elevadas de Pb (más de 1000 mg/kg) Y TF mayor que uno se detectaron en los brotes de seis diferentes especies de plantas, *Ageratina sp* y *E. denticulatum* también mostraron elevadas concentraciones de Zn (más de 10.000 mg/kg) Y TF mayor que uno en algunos lugares estudiados. Sin embargo, el SAF fue menor que uno. Los estudios de ambiente controlado se deben realizar para confirmar definitivamente el Pb carácter hiperacumulación de las especies de plantas citadas. (Bech & et al., 2016).

Pero no solo en las plantas pueden acumularse los metales, así lo confirmaron Álvarez & Amancio (2014), quienes evaluaron la concentración de metales pesados en el agua y los peces del río Santa y de la laguna Chinancocha-Llanganuco, Huaraz, para la muestra de cada punto se consideró tres individuos por cada especie. La metodología empleada para la determinación de Hierro, Cobre, Plomo, Cadmio, Cromo y Zinc fue el método de espectrofotometría de absorción atómica (EEA), y para la determinación de Mercurio se efectuó por la EEA acoplado la Cámara de vapor frío en el laboratorio SAG. Se determinaron las concentraciones de los metales pesados en hígado, branquia, Gónadas y músculo de peces, procedente de ocho puntos de la cuenca del río Santa. Finalmente la distribución de concentraciones es de tipo normal -logarítmico y existe una retención preferente de aluminio, manganeso y zinc en las branquias, mientras el hígado acumula cadmio, hierro y cobre.

De acuerdo a Lizarbe & Rivera (2014), evaluaron mediante ensayos controlados, la optimización del crecimiento de *Helianthus annuus L.* (girasol), la cual es una especie bioacumuladora de metales pesados, para esto agregaron acondicionadores orgánicos e inorgánicos al relave minero artesanal del Caserío de Zarumilla, Pataz, los resultados mostraron que el girasol logro crecer en tratamiento con adición de acondicionador y acumular en sus tejidos Pb, Zn y Cd, además determinaron que la raíz es el órgano vegetal con mayor capacidad bioacumuladora de Pb, Zn y Cd, es decir que la contaminación de las plantas por metales pesados se da forma implícita y puede generar daños peligrosos no solo a la salud de la población sino al ecosistema aledaño.

Esto se puede asegurar con el estudio donde se evaluó la capacidad de absorción y acumulación de metales como Pb, Cu, Ni, Zn y Cr, en la parte aérea y raíz de *Vicia sativa* (veza), *Hordeum vulgare* (cebada) y *Helianthus annuus L.* (girasol), sembradas en suelos enmendados con lodos de depuradora en condiciones de invernadero. Se aplicaron lodos compostados con restos de poda a un suelo degradado de carácter básico procedente de un cultivo abandonado en la zona Centro de España (Alcalá de Henares); se realizaron 3 tratamientos distintos para cada una de las especies ensayadas: Testigo (sin adición de lodo); Dosis baja-media de lodo (42,5t/ha) y Dosis alta de lodo (85t/ha) y 3 repeticiones por tratamiento. Se encontró que las concentraciones en dichas especies incrementaban linealmente con excepción del Ni, pero dichos valores de los metales fueron menores a los límites establecidos por la legislación. (Alonso et al., 2004).

1.3. MARCO TEÓRICO

1.3.1. Metales Pesados.- Este término es utilizado para nombrar a los elementos de este grupo que poseen un número atómico superior al veinte, a excepción de los metales alcalinos, alcalinos térreos, lantánidos y actínidos, la característica principal de estos elementos es su alta conductividad térmica y la buena conducción de electricidad, son altamente densos ($>5\text{gr/cm}^3$), además son dúctiles y maleables; su comportamiento en una reacción de óxido-reducción es la de un aceptor de electrones, lo cual explica que muchos metales de la corteza terrestre aparezcan en los minerales en forma de óxidos o carbonatos. (Roviera, 2016).

1.3.1.1. Química de los metales pesados

a. Plomo

Es el quinto elemento ubicado en el grupo IV A de la tabla periódica, cuyo número atómico es 82, peso atómico de 207.9g/mol y estados de oxidación de 2 y 4; está presente en una cantidad de 13ppm en la corteza terrestre, de 2.6 a 25 ppm en el suelo, 3 $\mu\text{g/L}$ en el agua a corriente y $<0.1\text{mg/L}$ en agua subterránea. (Eaton et al, 2005)

Es un metal no esencial, su uso básicamente es como aditivo en combustibles y en pinturas, además puede estar presente en cañerías de agua, baterías, juguetes, etc. Este metal ingresa al organismo por la vía respiratoria y gastrointestinal hasta llega al torrente sanguíneo, se acumula en los glóbulos rojos, donde interfiere en la síntesis del grupo hemo, ocasionando así la anemia, luego de un tiempo genera alteraciones en el sistema nervioso, hasta llegar al sistema renal y huesos, donde puede permanecer hasta el resto de la vida. (Fontana et al., 2012).

b. Cromo

Es el primer elemento del grupo VIB de la tabla periódica, posee un número atómico de 24, peso atómico de 51.99g/mol y estados de oxidación de 2, 3, 4, 5 y 6, lo cual lo convierte en una sustancia anfótera, es decir actúa como ácido o como base según la sustancia con la que reacciona; es muy abundante en la corteza terrestre, presentándose con 122ppm, en suelos posee una concentración de 11 a 22ppm y en corriente acuáticas con 1 $\mu\text{g/L}$ de concentración, generalmente se

encuentra como mineral Cromo-Hierro (FeCr_2O_3). (Eaton et al., 2005).

Este metal no está en forma natural solo se encuentra en la espinela, cromita o piedra de cromo hierro, que es cromito ferroso (FeOCr_2O_3) y está ampliamente distribuida en la corteza terrestre. La aplicación más importante del cromo puro es el cromado de una gran variedad de equipos, como piezas de automóvil y equipos eléctricos. También es ampliamente utilizado en aleaciones con hierro y níquel para formar acero inoxidable, y con níquel, titanio, niobio, cobalto, cobre y otros metales para formar aleaciones con fines específicos. Los compuestos con cromo en estado de oxidación Cr^{3+} son considerablemente menos peligrosos que los compuestos de Cr^{6+} ya que no se absorben fácilmente en el aparato digestivo y pueden combinarse con proteínas de las capas superficiales de la piel, formando complejos estables. En ausencia de una sensibilización previa con compuestos de Cr^{6+} , los compuestos de Cr^{3+} no producen ulceraciones ni suelen producir dermatitis alérgicas. Los compuestos de cromo en estado de oxidación Cr^{6+} se absorben rápidamente después de la ingestión o la inhalación. La captación a través de la piel intacta es menos conocida. Los efectos irritantes y corrosivos del Cr^{6+} se producen inmediatamente después de la absorción a través de la mucosa, que es muy rápida. La exposición potencial de estos pueden producir irritación o corrosión cutáneo-mucosa, reacciones cutáneas de tipo alérgico o ulceraciones de la piel. (Gunnar, 2007)

c. Cadmio

Se encuentra posicionado en el grupo IIB de la tabla periódica, en el segundo lugar Metal de número atómico 48, masa atómica 111,40; se obtiene como subproducto de un tratamiento metalúrgico del zinc y plomo, Su abundancia promedio en la corteza terrestre es 0.16 ppm; en suelos de 0.1 a 0.5 ppm; en ríos de 1 $\mu\text{g/L}$, y en aguas subterráneas de 1 a 10 $\mu\text{g/L}$. (Eaton et al., 2005).

Contamina el ambiente desde su fundición y refinación, tiene diferentes aplicaciones industriales como pigmento en pinturas, esmaltes, etc. Se usa en la aleación de cobre, aluminio y plata; es usado para la producción de pilas de cadmio-níquel, además de la fotografía, litografía y procesos de grabado. Pero su toxicidad es altamente peligrosa, el cadmio incrementa con la edad, se puede excretar por la orina y bilis, en pequeñas porciones por el sudor y el pelo, pero

cuando las concentraciones son elevadas este se deposita en el riñón causando problemas graves. (Ramírez, 2002)

1.3.1.2. Contaminación de los metales pesados

Los metales pesados a causa de su persistencia y elevado toxicidad, son considerados contaminantes altamente peligrosos para los ecosistemas acuáticos; a esto se agrega que poseen una gran afinidad al unirse con los residuos de cisteína de las proteínas de los seres vivos, aunque sus consecuencias fisiológicas varíen entre estos metales; dentro de este grupo encontramos a: Hg, As, Cr, Pb, Cd, Ni y Zn. (Jiménez, 2012)

- a. En sedimentos: estos están constituidos principalmente por fracciones sedimentables, orgánicas y minerales de los sólidos suspendidos y desecho celulares de una actividad bacteriana, los cuales son producidos en la oxidación de compuestos orgánicos que se degradan; estos compuestos pueden ingresar al cauce por agregar aguas domésticas al río o la escorrentía superficial; pero a esto se agrega ciertos contaminantes que ingresan a un cuerpo de agua superficial, por vía natural o antropogénica, los cuales quedan retenidos en los sedimentos, causando efectos tóxicos en el sistema acuático. (Jiménez, 2012)

- b. En plantas: Los metales pueden llegar a la planta ya sea del suelo, del agua de riego o del aire. La planta tiene básicamente dos vías de comunicación con el medio ambiente la primera y la de mayor importancia, dado que es por esta que la planta recibe la mayor parte de los nutrientes necesarios para su desarrollo, es el suelo. En segundo lugar se encuentra la atmósfera, que es por donde recibe algunos nutrientes, la radiación solar, etc. La planta se comunica con el suelo a través de la raíz, específicamente por una capa superficial llamada rizosfera (1 – 2 mm), que es una parte muy activa desde el punto de vista biológico. Es a través de esta capa que la planta absorbe tanto los nutrientes como los contaminantes que se encuentran disponibles en la solución del suelo. (Calderón & Concha, 2006)

Las plantas poseen mecanismos específicos para absorber, translocar y acumular nutrientes, no obstante existen metales y metaloides que son absorbidos, translocados y acumulados debido a que presentan un comportamiento electroquímico similar a los elementos nutritivos esenciales (Souza et al.2005). La fitotoxicidad ocasionada por las altas concentraciones de metales pesados da como resultado clorosis, crecimiento débil de las plantas y puede incluso ocasionar reducción en la captación de los nutrientes así como desórdenes en el metabolismo. (Ruiz, & Armienta, 2012)

1.3.2. Pasivos Ambientales Mineros:

Son las instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, las cuales fueron abandonadas o inactivas, y que además constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema aledaño y la propiedad. (Art. 2° de la Ley N° 28271 publicada 6 de julio de 2004).

Es considerado como la suma de los daños no compensados producidos por una empresa al medio ambiente a lo largo de su operación, e actividad normal o accidente, es decir es la deuda hacia la comunidad cercana a donde opera. (Russi y Martínez, 2002)

En el informe realizado por Chávez Quijada (2015) se detallan los tipos de PAMs y más de 10 Subtipos considerados por el Ministerio de Energía y Minas, los cuales se describen en la siguiente tabla:

Tipo	Subtipo
Labor minera	Bocaminas, chimeneas, piques, tajeos comunicados, trincheras y tajos abiertos.
Residuo minero	Relaves, desmontes de mina, botaderos de lixiviación.
Infraestructura	Campamentos, oficinas, talleres, plantas de procesamiento y otras instalaciones relacionadas con el proyecto minero.

Fuente: Chávez Quijada, M. (2015). “Los Pasivos Ambientales Mineros: Diagnostico y propuestas”. Red de Propuestas y Acción MUDQUI. Pág. 8.

- Bocamina: Espacio físico por donde se hace el ingreso a una mina subterránea, es decir es el límite entre el espacio exterior y el espacio interior donde se realizan las actividades mineras de explotación de minerales.
- Chimenea: Es una perforación vertical que se ejecuta en la roca y que tiene la misión de comunicar a más de una galería en el interior de las minas subterráneas.
- Corte: Es el área cercana a la bocamina (ingreso), que por su estructura y composición es similar a un rajo.
- Depósito de desmonte: Es el área ocupada por los materiales extraídos del interior de la mina o del área de explotación a tajo abierto, que no contiene valores extraíbles u/o que su extracción no es económica, por lo que se han dispuesto en un lugar donde no se realizan actividades de explotación.
- Depósito de relave o relavera: Área ocupada por los materiales (de grano fino) sin valor, obtenidos como producto de los procesos de concentración de minerales, estos relaves se han dispuesto en forma de pulpa, eliminando el agua después de la sedimentación de los sólidos. Su disposición exige generalmente la construcción de una presa de sostenimiento, la misma que por lo general se construye con el mismo material grueso que está contenido en la pulpa.
- Edificaciones e instalaciones: Son las construcciones tales como: planta concentradora, laboratorios, campamentos, oficinas, talleres, almacenes, suministro de energía y agua.
- Rajo: Es el área de explotación superficial, por lo general de los afloramientos de minerales de veta y que tienen dimensiones pequeñas.
- Socavón: Es la labor horizontal de ingreso a una mina subterránea.
- Tajo abierto: Es la cavidad resultante de la explotación de minerales desde la superficie del suelo.

1.3.3. Potencial de Riesgo Ecológico

Es la capacidad, fuerza o poder de probabilidad de que las actividades antropogénicas ocasionen efectos indeseables en animales, plantas y medio ambiente. (Ramírez & Mendoza, 2010)

1.3.4. Degradación ambiental

Se define como la destrucción de los ecosistemas a nivel local y global, considerado además el deterioro del medio ambiente, mediante el agotamiento de recursos como el aire, el agua y el suelo; la destrucción de ecosistemas y la extinción de la vida silvestre. Así también se puede decir que es cualquier cambio o alteración del medio ambiente que se percibe como perjudicial o indeseable. Entonces puede definirse como el conjunto de procesos que deterioran o impiden la utilización de un determinado recurso, por parte de la humanidad. El deterioro ambiental está directamente relacionado con la forma en que un país desarrolla sus actividades económicas y con los procedimientos que emplea para explotar sus recursos naturales. (Aguilar Garnica et al., 2015)

1.3.5. Factor de contaminación (CF)

De acuerdo con Klaus Georg (2002) los factores de contaminación son:

- El crecimiento demográfico: El acelerado crecimiento demográfico y la distribución desequilibrada de la población en el territorio, al interactuar con desigualdades sociales y regionales, las pautas de acceso y uso de los recursos naturales, las tecnologías utilizadas para su explotación y consumos vigentes, ejercen una fuerte presión sobre el medio ambiente y los recursos naturales. El impacto ambiental inmediato de los asentamientos urbanos deriva del cambio de uso del suelo, además de los procesos locales de contaminación. Sus impactos directos son de mucho mayor alcance que los indirectos. Para su funcionamiento, las ciudades realizan intercambios materiales y energéticos con un territorio muy amplio, contiguo o lejano. La ciudad requiere agua, alimentos y energía

para sostener sus procesos. Como resultado del consumo o transformación de bienes y servicios, las ciudades generan copiosas cantidades de residuos sólidos y líquidos, además de contaminantes de la atmósfera, que afectan ecosistemas locales y distantes. El territorio necesario para la sustentación de un asentamiento urbano configura lo que se denomina su "huella ecológica".

- El desarrollo económico (crecimiento económico, cambio de la estructura económica, progreso técnico, etc.)
- La concentración espacial de la población y su actividad económica: Los problemas ambientales tienen por consiguiente una dimensión espacial. Para explicar esta dimensión podemos partir de un ejemplo sencillo. Un país consta de dos regiones; Una de ellas mantiene una intensa actividad económica (R1); la otra presenta una actividad muchísimo menor. El volumen regional de las emisiones se comporta en función del producto interno bruto real per cápita; del coeficiente de las emisiones, así como del número de habitantes.

1.3.6. Absorción atómica:

La espectroscopia de absorción atómica (EAA), tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda determinada. Esta radiación es absorbida selectivamente por átomos que tengan niveles energéticos cuya diferencia en energía corresponda en valor a la energía de los fotones incidentes. La cantidad de fotones absorbidos, está determinada por la ley de Beer, que relaciona ésta pérdida de poder radiante, con la concentración de la especie absorbente y con el espesor de la celda o recipiente que contiene los átomos absorbentes. Los componentes instrumentales de un equipo de espectrofotometría de absorción atómica son los similares a los de un fotómetro o espectrofotómetro de flama, excepto que en EAA se requiere de una fuente de radiación necesaria para excitar los átomos del analito. (Rocha, 2000)

1.3.7. Expresión Analítica de los Componentes de los Alimentos

Existen informes actuales realizados sobre la expresión analítica de los componentes de los alimentos como el de Ramírez López (2008), quien explica que desde la década del 80' Weende (Alemania) estandarizó los métodos generales de análisis de alimentos que incluyen el porcentaje de agua, grasa total o bruta, (más conocida como extracto etéreo), proteína total o bruta, fibra bruta o cruda, cenizas. Casi todos los alimentos contienen cantidades variables de agua, a esta cantidad de agua presente se le conoce como humedad o medida de la concentración de agua presente en un alimento; determinar el contenido de humedad es uno de los ensayos más importantes y usados en el procesamiento y análisis de los alimentos puesto que la cantidad de materia seca en un alimento se relaciona inversamente con la cantidad de humedad que contiene. Los métodos pueden dividirse en: Métodos de secado, procedimientos de destilación, ensayos químicos, procedimientos físicos.

- i. Método de secado: El material es calentado cuidadosamente bajo condiciones específicas, y la pérdida de peso es tasada, como una medida de la humedad contenida por la muestra. El rango de temperatura de secado va de 70 a 115°C y el tiempo de secado de 1 a 6 h o aún más, y se terminará cuando la pérdida de peso sea de poca importancia (2mg/5g de muestra en 1 hora). Al proceso antes de secar la muestra se le conoce como **fase húmeda**, luego de colocarla a la estufa para extraer la humedad, se le conoce como **fase seca**; es en esta base en donde se digiere la muestra para luego analizarla, pero para hallar la concentración real de una muestra de alimento se tiene que pasar la concentración de fase seca a fase húmeda con la siguiente formula:

$$CM [mg/kg]_{FH} = CM [mg/kg]_{FS} \times \frac{(100 - \%H)}{100}$$

1.3.8. Delimitación de la Zona de Estudio

1.3.8.1. Ubicación geográfica

La cuenca del río Moche está ubicada en la Costa Norte del Perú, localizada en el departamento de La Libertad, comprendiendo en total o parcialmente las provincias de Trujillo, Otuzco, Santiago de Chuco y Julcán. Geográficamente sus puntos extremos se hallan comprendidos entre los 7°46' y 8°15' de Latitud Sur y los 78°16' y 79°08' de longitud oeste. (Ministerio de Energía y Minas, 1997).

1.3.8.2. Relaves Mineros de Samne

Estos materiales se encuentran acumulados en una zona relativamente baja del río a unos 1500 msnm. Estos actuales relaves son el producto del retratamiento de los antiguos, que fueron originados por las operaciones minero metalúrgicas de la Northen Mining Corporation aproximadamente unos 60 años atrás. En la década de los 80, se estableció la Compañía Minera Otuzco que llevó a cabo el beneficio empleado la técnica de carbón en pulpa (CIP) para la recuperación de plata y oro. Los principales problemas asociados con esta cancha, que acumula aproximadamente unas 500,000 toneladas, son su cercanía al lecho del río Moche y su inestabilidad física y química. (Ministerio de Energía y Minas, 1997)

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los niveles de concentración de los metales pesados Pb, Cr y Cd en agua superficial, sedimento y *Ananas comosus* en el curso de agua de la zona de influencia del relave en Samne - Otuzco?

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. GENERAL

Cuantificación de metales pesados Pb, Cr y Cd en agua superficial, sedimento y *Ananas Comosus* en el curso de agua de la zona de influencia del relave en Samne – Otuzco.

1.6.2. ESPECÍFICOS

1. Análisis del relave minero ubicado en el distrito de Samne.
2. Identificar los puntos de muestreo dentro de la zona delimitada en la cuenca del río Moche.
3. Cuantificar en qué matriz (agua superficial o sedimentos) existe una mayor concentración de metales Pesados (Pb, Cr y Cd)

1.6. IMPORTANCIA

Este estudio se realiza para cuantificar los metales pesados tales como Pb, Cr Y Cd en agua superficial, sedimento y *Ananas comosus* en el curso de agua de la cuenca del río moche ubicado en Samne – Otuzco, y así determinar de qué manera los desechos de la minería, específicamente el relave, afecta la calidad ambiental del agua del río Moche a la altura del pueblo de Samne.

Contribuir con información sobre los pasivos ambientales en la libertad, y los efectos que este generaría sobre el medio ambiente. Así sentar la base para tener un sistema de información sobre pasivos mineros más completo y, de esta manera, facilitar su gestión ambiental.

Proponer medidas de solución para minimizar el impacto del pasivo ambiental minero.

Expuesta las razones y antecedentes, el objetivo del presente trabajo de investigación es cuantificar los metales pesados como Pb, Cr y Cd presentes en agua superficial, sedimento y *Ananas comosus* en el curso de agua de la cuenca del Río Moche ubicado en Samne – Otuzco.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.MATERIAL DE ESTUDIO

Las muestras de relave minero de esta investigación corresponden a la relavera de la Minera “Otuzco” ubicada al borde de la rivera del Rio Moche a la altura del pueblo de Samne, Otuzco, así mismo las muestras de agua superficial y sedimento corresponden a la rivera del Rio Moche a la Altura de Samne y las muestras de *Ananas Comosus* pertenecen a un sembrío al borde de la relavera.

2.2.MATERIALES

Equipos

- Equipo de Absorción atómica Avanta PM
- Balanza analítica (0,001g sensibilidad)
- GPS
- Estufa eléctrica

Materiales

- Matraz de 50 mL
- Vaso de precipitación de 100 mL
- Probeta de 100 mL
- Pipeta de 1 mL (0,1mLsensibilidad)
- Papel Filtro
- Embudos
- Pissetas
- Guantes
- Bolsas de polietileno de 10kg
- Botellas de plástico de 600ml
- Etiquetas
- Cápsulas de porcelana

Reactivos

- Ácido Nítrico al 70%
- Estándares de Pb, Cd y Cr.
- Agua Destilada

2.3. MÉTODOS

2.3.1. Análisis de las muestras de relave

Se delimitó el área del relave minero que está dividido en 03 estratos y en cada estrato se realizó 3 calicatas de 0.5m x 0.5m x 0.5m colocando el relave de cada calicata en una base plástica, luego se realizó el método de cuarteo y llenar un cuarto de costal de 50 Kg.

Se tomó una muestra representativa de 0.2 a 0.3 gramos, la cual fue digerida con Ácido nítrico al 70% de pureza, y a una temperatura menor de 150°C, por un tiempo de 2 horas, al enfriar, las muestras fueron filtradas y se trasvasaron a un matraz de 50ml, donde fueron aforadas con agua destilada.

2.3.2. Muestreo del sedimento y el agua superficial

Se utilizará un GPS para así consignar 4 puntos de monitoreo: el primero, 20 metros antes del relave y los puntos distanciados por 20 metros aguas abajo después del relave. (Anexo N° 1)

Tabla N° 01: Coordenadas de los puntos de muestreo a lo largo de la rivera de la zona de influencia en la Rivera del Rio Moche en Samne.

N° PUNTO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
		Latitud	Longitud
1	Punto de inicio del relave minero.	7.9967429	78.6878505
2	A 20 metros del punto inicial del relave minero.	7.9969402	78.68821
3	A 40 metros del punto inicial del relave minero.	7.9969335	78.6882158
4	A 60 metros del punto inicial del relave minero.	7.9970799	78.688152
5	A 80 metros del punto inicial del relave minero.	7.996583	78.687505

2.3.3. Análisis de las muestras de agua

Las muestras de agua se tomaron a contra corriente en cada punto determinado en botellas debidamente rotuladas, estas muestras fueron filtradas y trasvasadas a frascos pequeños para ser analizadas, estas muestras fueron filtradas y trasvasadas a viales para luego ser analizadas en el quipos de Espectrofotómetro AVANTA.

2.3.4. Análisis de las muestras de sedimento

Para recolectar estas muestras, se usó una palana, un balde y bolsas de polietileno, el sedimento fue tomado con la palana y depositado sobre las bolsas debidamente rotuladas, que se encontraban dentro del balde. Luego se dejaron secar en una estufa eléctrica a 105°C para luego volver a tomar los pesos. A continuación se tomó una muestra representativa de 0,7g, las cuales se llevaron a digestión, con Ácido nítrico, y a una temperatura menor de 150°C, después las muestras fueron aforadas en matraces a 50ml, finalmente se analizaron las muestras de relave en el Laboratorio en el espectrofotómetro AVANTA PM.

2.3.5. Procedimiento de muestreo de *Ananas comosus*

Elegimos 2 especies de *Ananas comosus* (piña) de las cuales se separamos las raíces, tallos, hojas y obtuvimos sus pesos en frescos, luego se dejaron secar en una estufa eléctrica a 105°C para volver a tomar los pesos. Después tomamos una muestra representativa de 1g aproximadamente, las cuales fueron llevadas a digestión, con Ácido nítrico, y a una temperatura menor de 150°C, posteriormente las muestras fueron aforadas en matraces a 50ml para finalmente ser analizadas en el Laboratorio en el espectrofotómetro AVANTA PM.

2.3.6. Realización de ensayos de absorción atómica

Las muestras de agua superficial, sedimento y *Ananas comosus* y relaves, fueron filtradas y transvasadas a viales rotulados correctamente para su análisis con el espectrofotómetro AVANTA PM, para la lectura en el equipo de Absorción Atómica utilizamos las lámparas de Pb, Cr y Cd para determinar las concentraciones de estos metales pesados presentes en las muestras, para lo cual se preparó estándares de los metales ya mencionados, con el objetivo de obtener la curva de calibración, las cuales están descritas en el ANEXO III, y así tener una mayor precisión en el análisis,

2.3.7. Cálculos de la concentración de los metales pesados presentes en las muestras en fase seca

Para hallar la concentración en ppm se usó la siguiente fórmula:

$$CM [mg/kg]_{fs} = \frac{CM_{EAA} * V_A}{W_m}$$

Donde:

CM: Concentración en mg/kg del metal pesado en fase seca

CM_{EAA} = concentración del metal del Equipo de Absorción Atómica ($\frac{mg}{l}$)

V_A = Volumen aforado de agua destilada (50ml)

W_m = Peso de la muestra (kg)

2.3.8. Cálculos de la concentración de los metales pesados presentes en las muestras en fase húmeda

$$CM [mg/kg]_{FH} = CM [mg/kg]_{fs} \times \frac{(100 - \%H)}{100}$$

Donde:

$CM \left[\frac{mg}{kg} \right]_{FH}$ = Concentración del metal en fase húmeda

$CM \left[\frac{mg}{kg} \right]_{fs}$ = Concentración del metal en fase seca

$\%H$ = porcentaje de humedad

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la caracterización realizada al relave derivado de los procesos de retratamiento de la Compañía Minera “Otuzco”, quien empleo la técnica de carbón de pulpa para la recuperación de oro y plata de los originales residuos mineros de las operaciones minero metalúrgicas de la Northern Mining Corporation; además se muestran las concentraciones de metales pesados Pb, Cr y Cd de las muestras de agua superficial y sedimento de 5 puntos de muestreo, así como de la *Ananas comosus*.

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL RELAVE MINERO

La tabla que se presenta a continuación, muestra la caracterización del relave minero, las concentraciones de los metales analizados Pb, Cr y Cd en los diferentes estratos del relave minero (cada estrato representa los tiempos de disposición del relave mismo, es decir el estrato 3 es el más antiguo y bajo del relave); además se compararon los valores de las concentraciones de los metales con el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental, observándose que dichos valores están por encima de los estándares con un porcentaje muy elevado.

Tabla N° 02: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de Relave minero.

Muestras	[Pb] mg/Kg	[Cd] mg/Kg	[Cr] mg/Kg	Norma
Estrato 1	20425,962	234,616	515,385	1. Plomo: 1200
Estrato 2	14391,965	139,286	805,357	[mg/Kg]
Estrato 3	9340,385	110,577	520,192	2. Cadmio: 22
Promedio	14719,437	161,493	613,645	[mg/Kg]
Total	1702,16%	734,06%	43831,76%	3. Cromo: 1.4
				[mg/kg]

Datos obtenidos en la experimentación de la investigación

Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental

Para la discusión de resultados nos basaremos en estudios realizados en otros países debido a que no existen estudios previos en la zona estudiada que sean menores a los 10 años. El último estudio realizado fue en el año 1997 en cual especifican los metales pesados en las diferentes relaveras adyacentes al río moche. Incluso debido a la falta de normas ambientales que regulen la concentración de metales pesados en sedimentos y alimentos, nos hemos visto en la necesidad de uso de Normas Internacionales de Canadá y la Unión Europea.

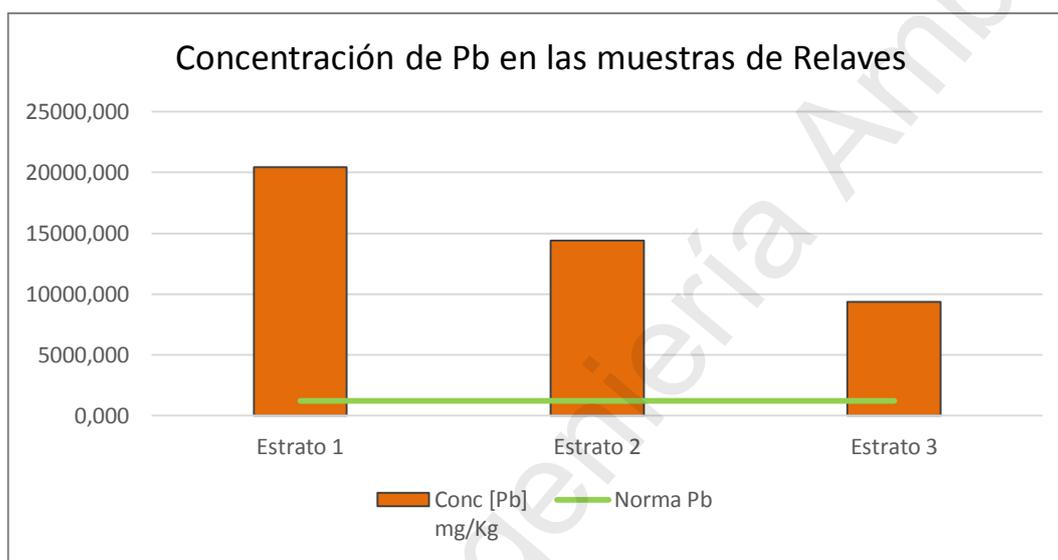


Fig. N°1: Concentración de metal pesado Pb en las muestras del relave comparado con los Estándares de Calidad Ambiental.

Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para suelo de uso industrial/extractiva (LMP para Pb: 1200 mg/kg)

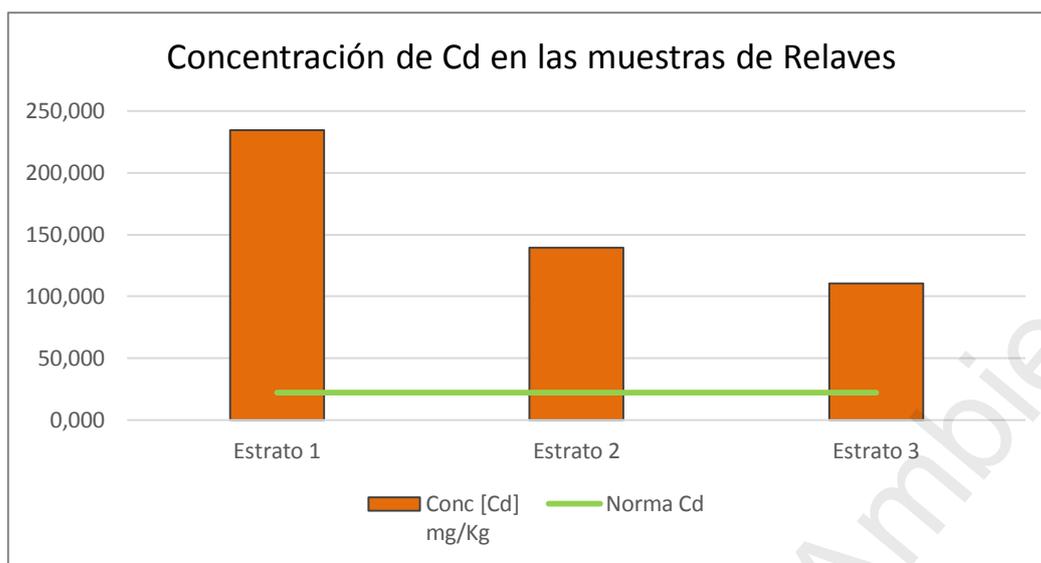


Fig. N°2: Concentración de metal pesado Cd en las muestras del relave
Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para
suelo de uso industrial/extractiva (LMP para Cd: 22 mg/kg)

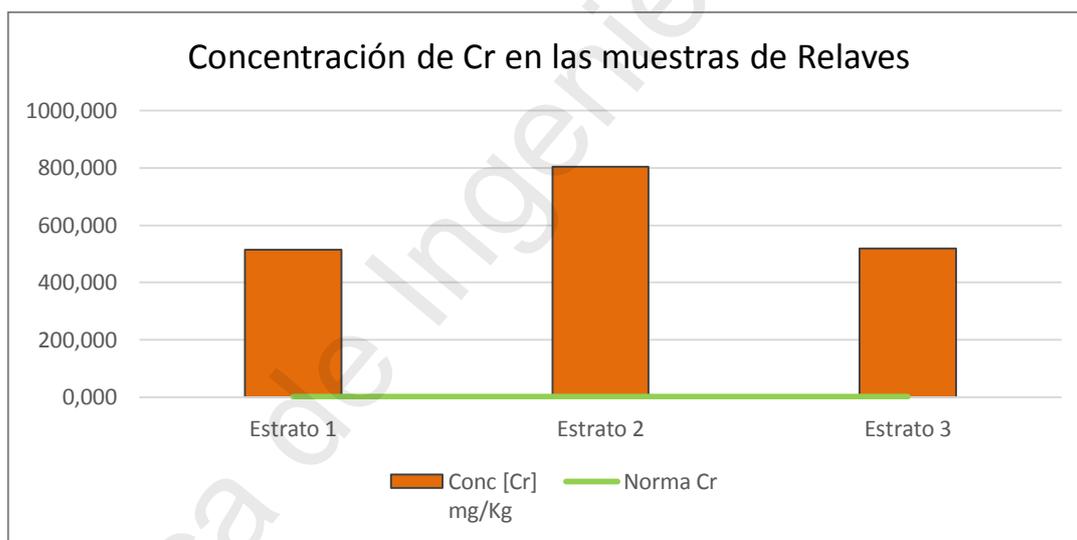


Fig. N°3: Concentración de metal pesado Cr en las muestras del relave.
Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para
suelo de uso industrial/extractiva (LMP para Cr: 1.4 mg/kg)

La Figuras N° 1, 2 y 3 muestran las concentraciones de los metales pesados (Pb, Cr, y Cd) del relave minero de Samne que está dividido en 3 estratos, lo cual indica las diferentes fases de disposición final de este, ya que no conto con un manejo adecuado de este residuo por la empresa, también se observa que el Pb ($20425,9 \text{ mg.kg}^{-1}$) supera un 1702% lo parámetros establecidos por el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM,

Estándares de Calidad Ambiental para suelo de uso industrial/extractiva; el Cd (161 mg.kg^{-1}) supera el 743% y el Cr ($613,64 \text{ mg.kg}^{-1}$) supera el 43831%, además se observó la diferencia de las concentraciones por estratos lo cual se puede explicar debido a que en los últimos años de funcionamiento de la empresa minera Otuzco, quien uso excesivo de sustancias químicas (metales pesados) a fin de recuperar la mayor cantidad de minerales oro y plata.

3.2. CONCENTRACIONES DE LOS METALES EN LAS MUESTRAS

3.1.1. CONCENTRACIONES DE LOS METALES PESADOS EN MUESTRAS DE AGUA SUPERFICIAL

Se realizó el análisis de las concentraciones de los metales Pb, Cr y Cd de las muestras del agua superficial de los 5 puntos de muestreo a lo largo de la riberana del Rio Moche, del cual el primer punto corresponde al inicio de la influencia de la relavera, que se encuentra en el borde del rio, las tablas presentan las dos épocas de muestreo, realizadas en el mes de octubre (avenida) y el mes de noviembre (estiaje).

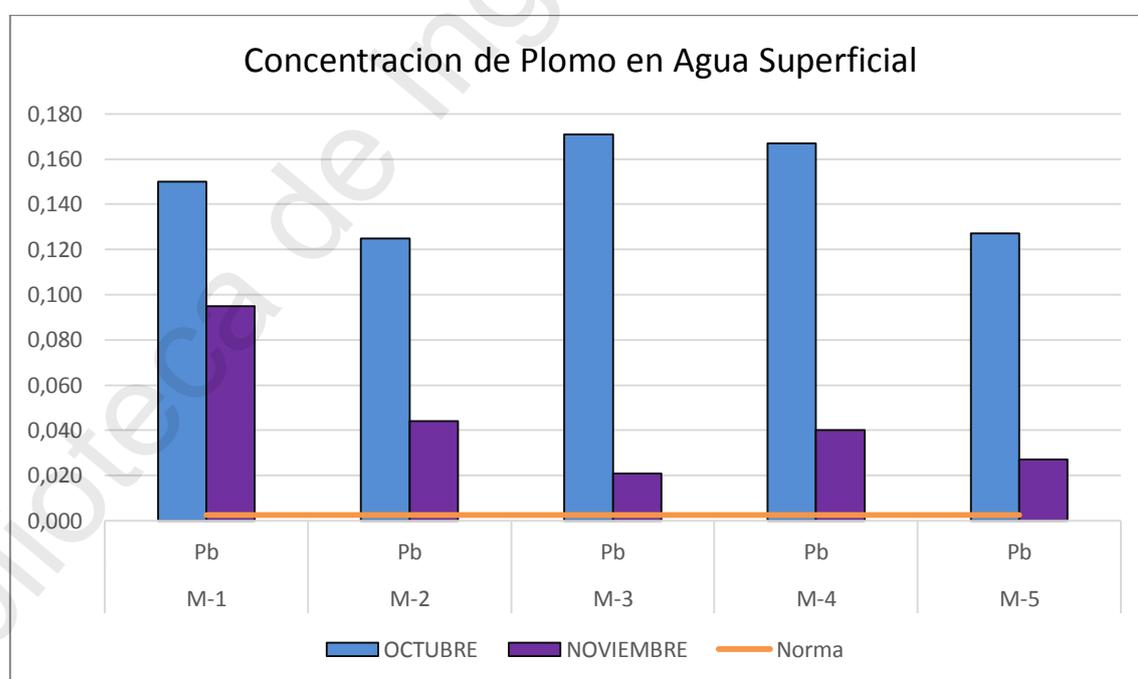


Fig. N°4: Concentración de metal pesado Pb en las muestras de agua superficial.

Ley Nacional Decreto Supremo N°015-2015-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua Superficial. (ECA para Pb: 0.0025 mg/L)

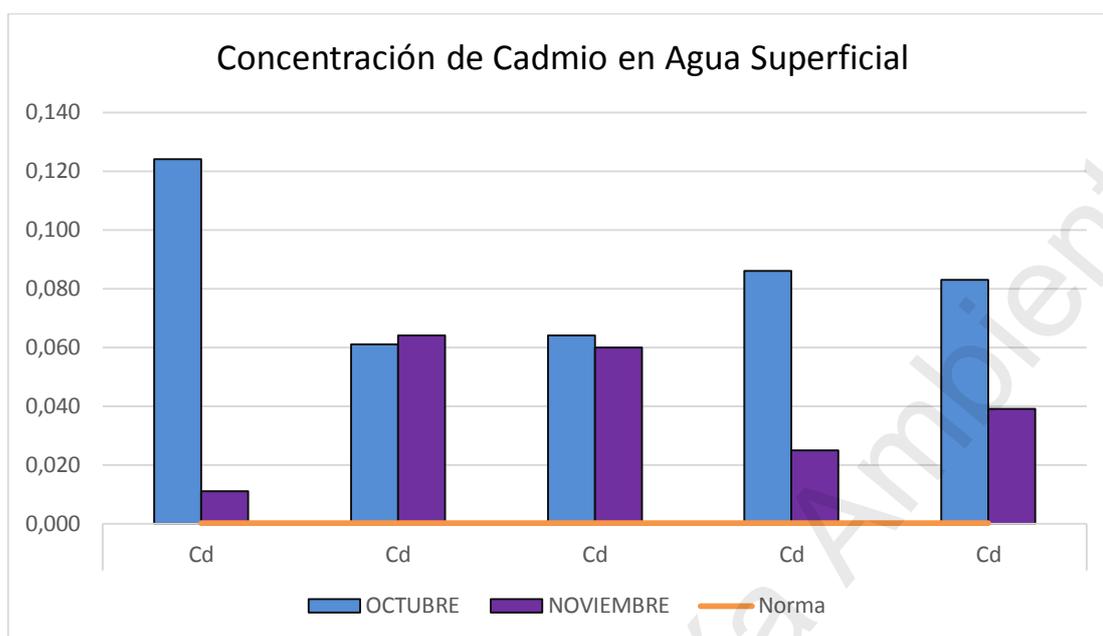


Fig. N°5: Concentración de metal pesado Cd en las muestras de agua superficial.
Ley Nacional Decreto Supremo N°015-2015-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua Superficial. (ECA para Cd: 0.00025 mg/L)

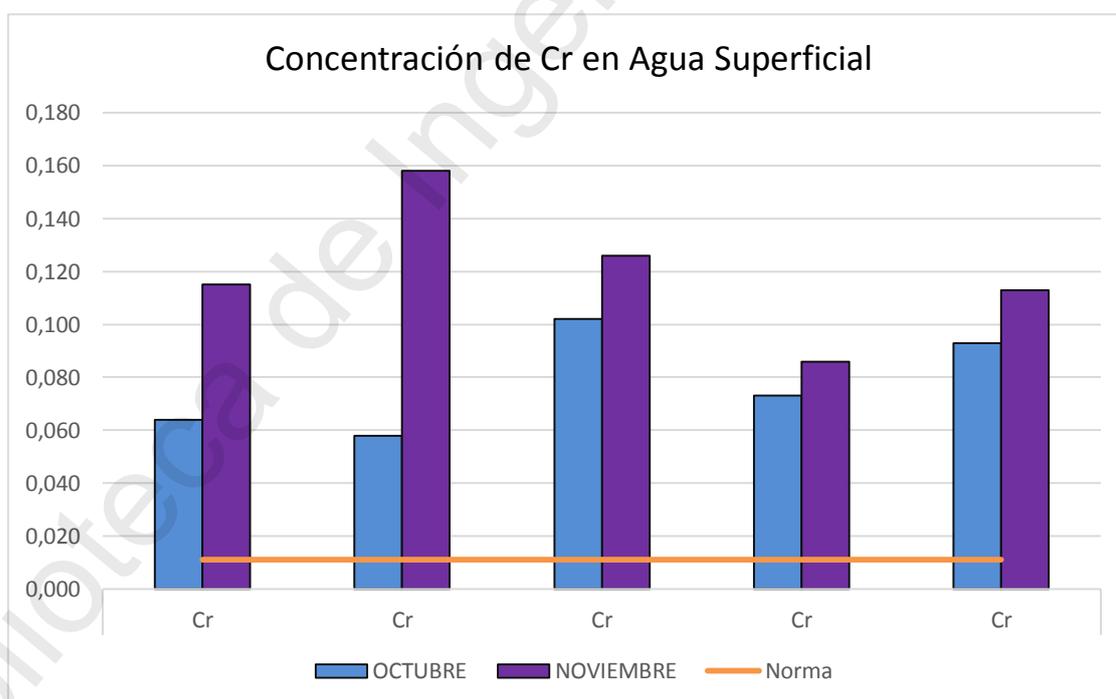


Fig. N°6: Concentración de metal pesado Cr en las muestras de agua superficial.
Ley Nacional Decreto Supremo N°015-2015-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua Superficial. (ECA para Cr: 0.011 mg/L)

Las Figuras N° 4, 5 y 6 muestran las concentraciones de los metales pesados (Pb, Cr y Cd), realizados en las muestras de agua superficial en los meses de octubre y noviembre, respectivamente, observándose que las concentraciones de los metales pesados Pb y Cd en el mes de noviembre son menores a la del mes de octubre, esto se puede explicar debido a que el mes de noviembre ocurrió la época de estiaje, lo que conlleva al lento movimiento del agua superficial y/o estancamiento de algunas zonas en los puntos de muestreo, esto ocasiona que los metales pesados sedimentaran, el Cr por el contrario muestra un comportamiento diferente que el Pb y Cd, esto es debido a que su densidad es más baja (7.19g/ml).

3.1.2. CONCENTRACIONES DE LOS METALES PESADOS EN MUESTRAS DE SEDIMENTO

Las siguientes figuras presentan las concentraciones de los metales Pb, Cr y Cd de las muestras de sedimento de los 5 puntos de muestreo a lo largo de la riberana del Rio Moche, del cual el primer punto corresponde al inicio de la influencia de la relavera, que se encuentra en el borde del rio, las tablas presentan las dos épocas de muestreo, realizadas en el mes de octubre (avenida) y el mes de noviembre (estiaje).

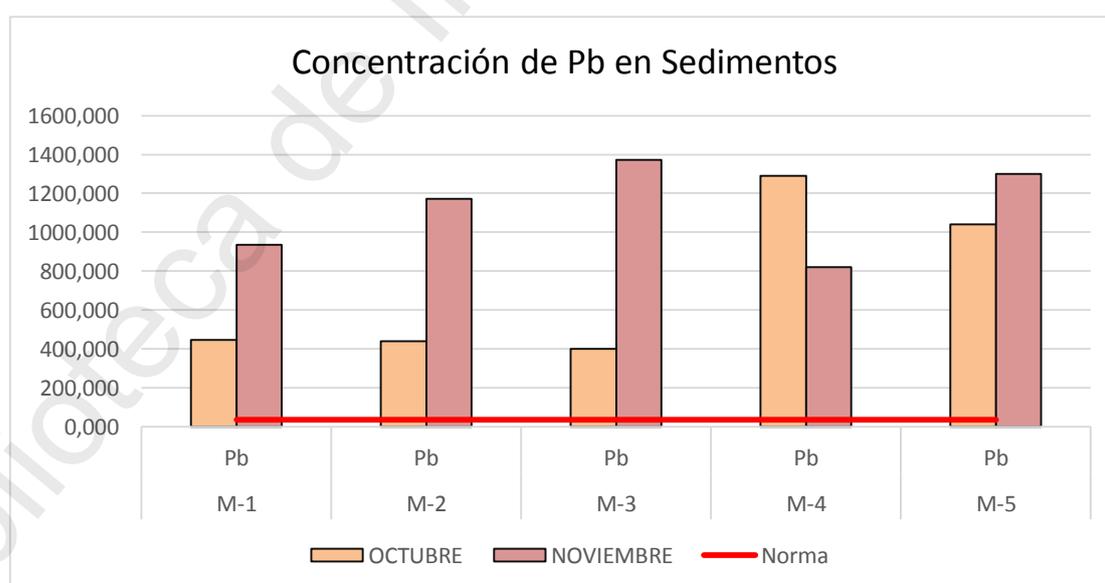


Fig. N° 7: Concentraciones de Pb en las muestras de Sedimentos.

Ley Internacional: Canadian Sediment Quality Guideline for the Protection of Aquatic Life. (ECA para Pb: 35.0 mg/Kg)

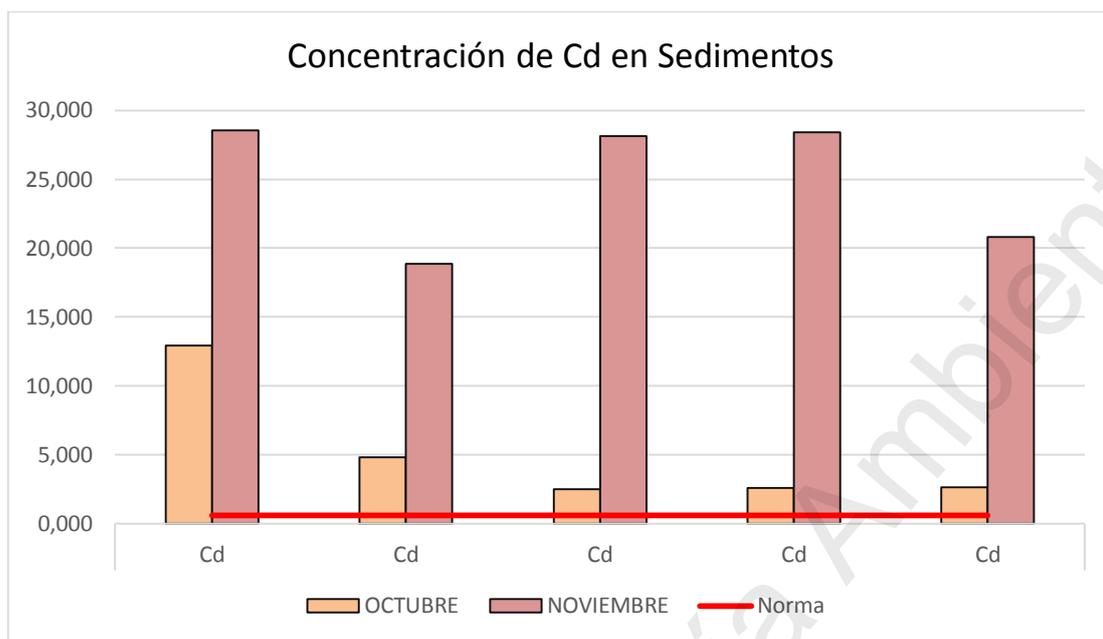


Fig. N°8: Concentraciones de Cd en las muestras de Sedimentos.

Ley International: Canadian Sediment Quality Guideline for the Protection of Aquatic Life. (ECA para Cd: 0.6 mg/Kg)

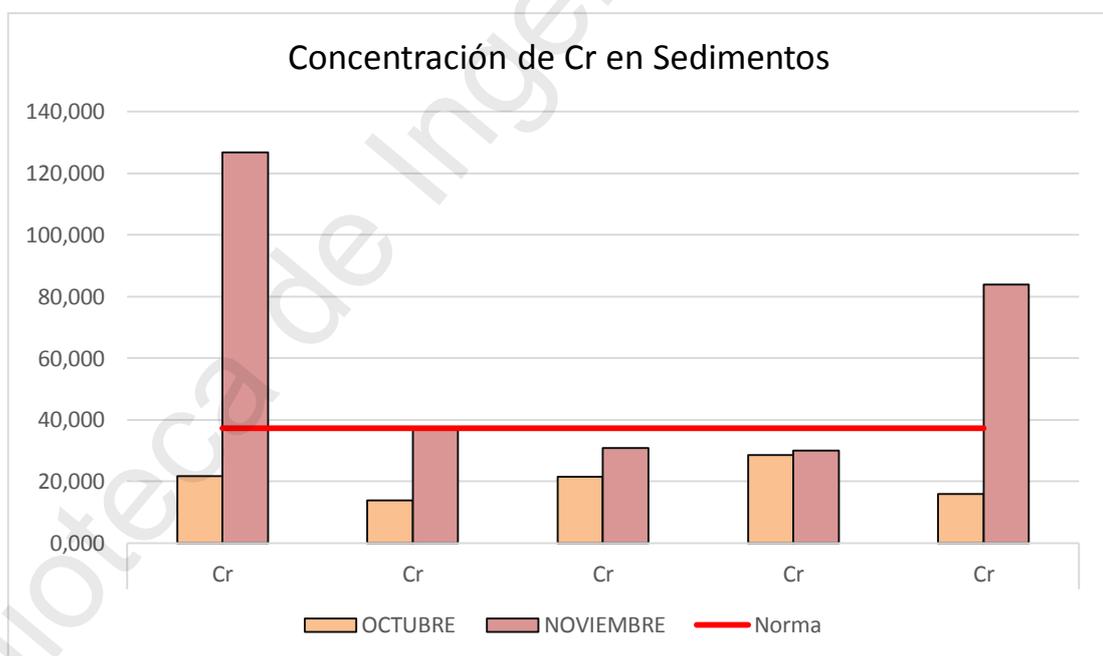


Fig. N°9: Concentraciones de Cr en las muestras de Sedimentos.

Ley International: Canadian Sediment Quality Guideline for the Protection of Aquatic Life. (ECA para Cr: 37.3 mg/Kg)

En las Figuras N° 7, 8 y 9 se muestran las concentraciones de los metales pesados (Pb, Cr y Cd), realizados en las muestras de sedimento en los meses de octubre y noviembre, respectivamente, con lo que pudimos distinguir que las concentraciones de los tres metales aumentan en el mes de noviembre con respecto al mes de octubre, lo que es explicado por la época de estiaje, en la cual los metales sedimentaron, es así que se encuentran en mayor concentraciones en el sedimento que en el agua superficial. En la investigación realizada por **Acosta et al. (2002)**, la concentración de metales pesados en ríos generalmente se encuentran relativamente elevados hasta una profundidad de 15 cm, esto puede explicar las altas concentraciones de los metales analizados en los sedimentos del borde del río moche.

Las siguientes figura muestra la comparación de las concentraciones de los diferentes metales tanto en muestras de agua superficial y sedimentos con la Ley Nacional Decreto Supremo N°015-2015-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua Superficial y Ley Internacional: Canadian Sediment Quality Guideline for the Protection of Aquatic Life, observándose que para el segundo muestreo (noviembre), los valores de las concentraciones están por encima de los Estándares de ambas normas, por el contrario del primer muestreo (octubre), que están por debajo.

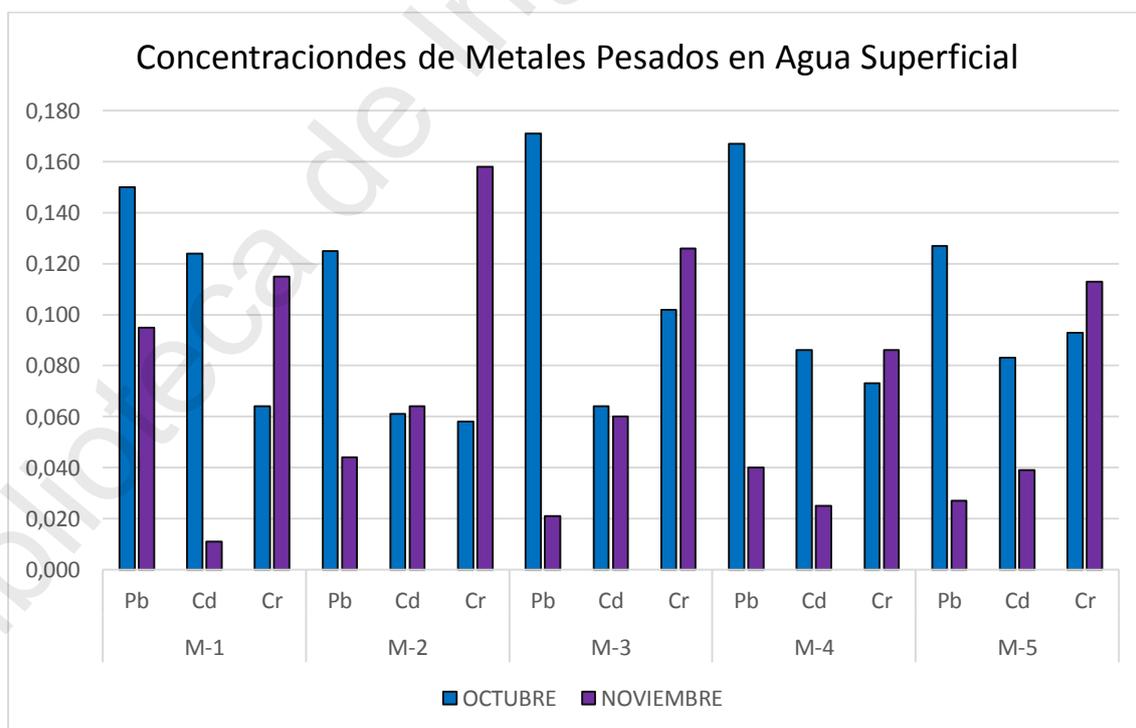


Fig. N°10: Resultados de Metales Pesados en las Muestras de Agua Superficial

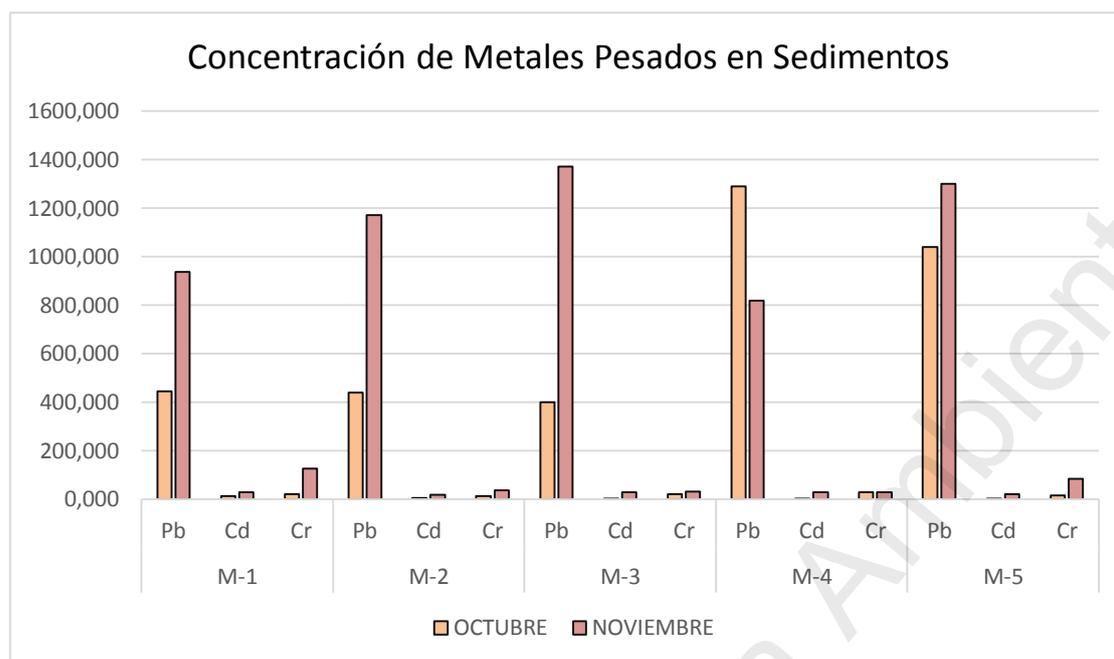


Fig. N°11: Resultados de las concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de sedimentos

En las Figuras N° 10 y 11 se muestran las concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestra de agua superficial y sedimento en las épocas de noviembre y diciembre, observando que en los diferentes puntos de muestreo las concentraciones de los metales se encuentran por encima de los estándares establecidos en Ley Nacional Decreto Supremo N°015-2015-MINAM: Estándares de Calidad Ambiental para Agua Superficial y Ley Internacional: Canadian Sediment Quality Guideline for the Protection of Aquatic Life, a diferencia del Cr en las muestras 2, 3 y 4 en ambas épocas, cuyas concentraciones están por debajo de los estándares establecidos por la ley, esto es debido a que dichos puntos son las zonas más bajas y el Cr no sedimenta a la misma velocidad que los metales Pb y Cd por su diferencia de densidad. Además las elevadas concentraciones de Pb y Cd tanto en agua superficial y sedimento se puede deber al uso de fertilizantes y plaguicidas en áreas de cultivo cercanas a la ribera del rio moche, según indica el estudio realizado por **Herrera et al. (2012)**.

3.1.3. CONCENTRACIONES DE LOS METALES PESADOS EN MUESTRAS DE *Ananas Comosus*

Obtenidas las concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de *Ananas Comosus* en los meses de octubre y noviembre, estas muestras fueron fraccionadas en 3 partes, pulpa, cascara y tallo/raíz, para comparar la diferencia de los valores de las concentraciones de los metales y observar en donde se presenta mayor acumulación de los mismos, en ambos periodos se presenta una misma tendencia, donde la mayor concentración está en la cáscara de la *Ananas Comosus*.

Las siguientes figuras muestran la comparación de las concentraciones de los diferentes metales en las partes de la *Ananas Comosus*, pulpa, cascara y tallo/raíz, en los periodos de muestreo (octubre y noviembre), además se muestra el porcentaje de humedad, lo cual fue fundamental para determinar las concentraciones de los metales en base húmeda, ya que el análisis en el equipo de absorción atómica de las concentraciones se realizó en base seca, así también comparamos los valores de las concentraciones con Ley Internacional: European Quality Food - Commission Regulation N° 1881/2006 Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs, puesto que no existe una legislación vigente en el Perú para este tipo de muestras.

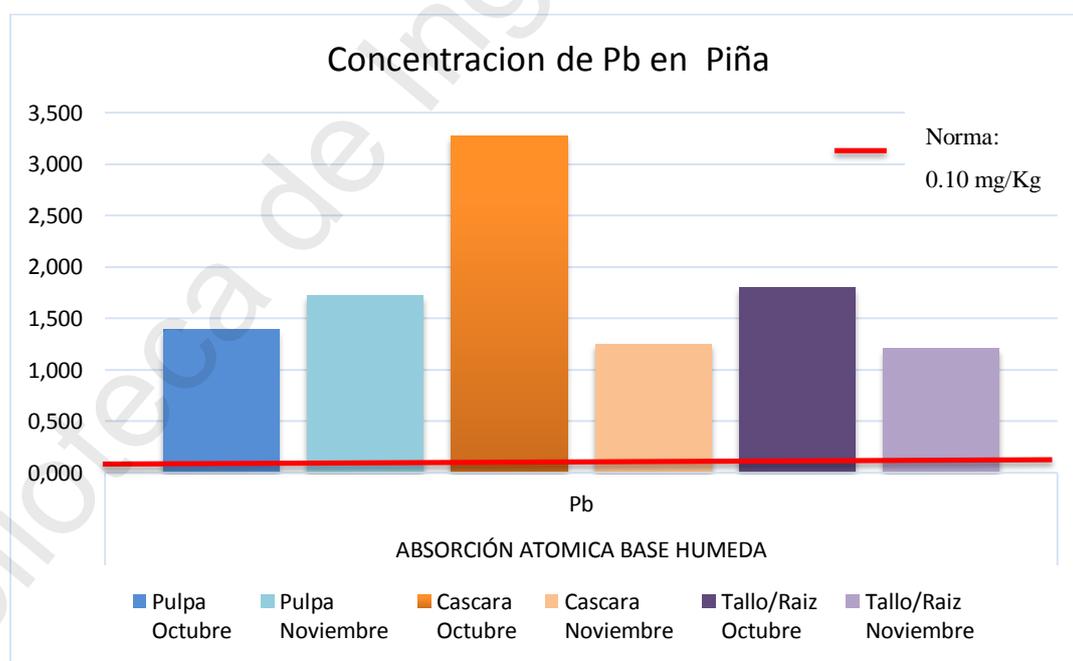


Fig. N°12: Resultados de Pb en las Muestras de *Ananas Comosus*

Ley Internacional: European Quality Food - Commission Regulation N° 1881/2006. Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs. (ECA para Pb: 0.10 mg/Kg)

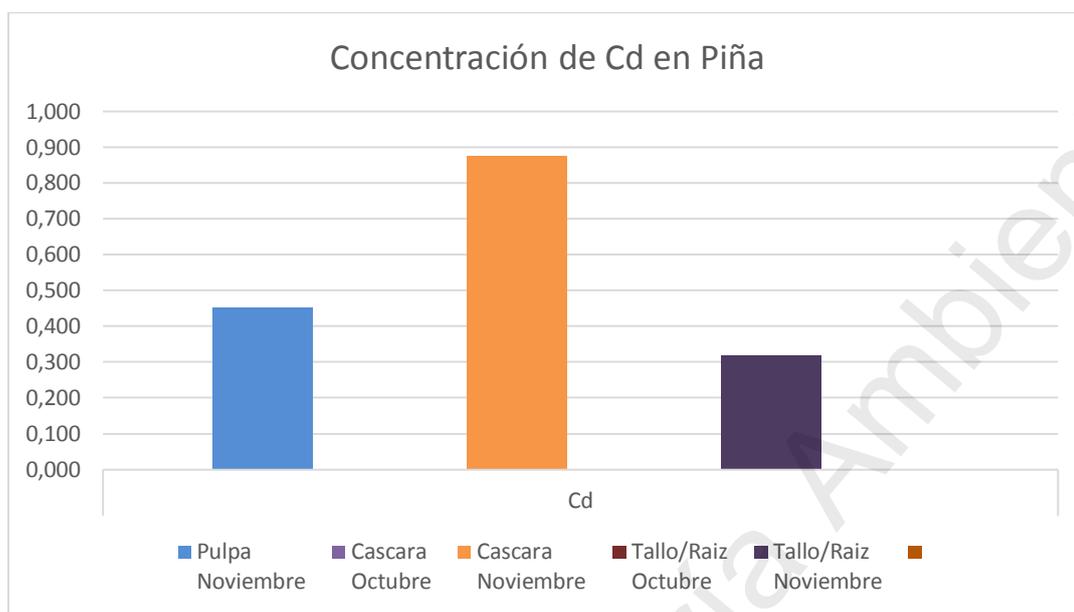


Fig. N°13: Resultados de Cd en las Muestras de *Ananas Comosus*

Ley International: European Quality Food - Commission Regulation N° 1881/2006. Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs. (ECA para Cd: ---)

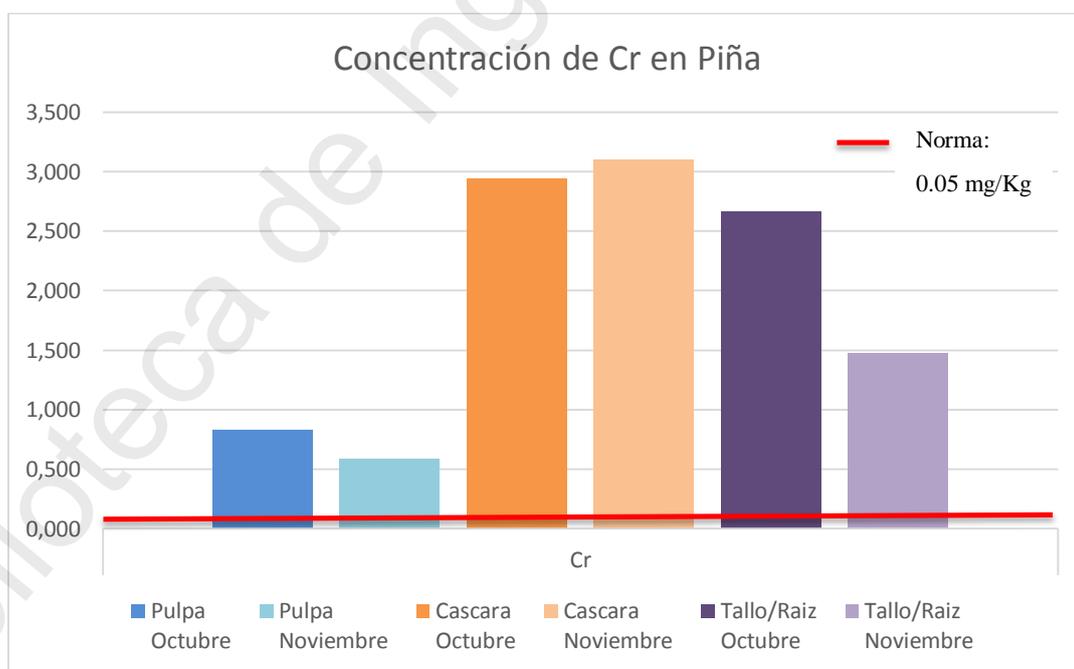


Fig. N°14: Resultados de Cr en las Muestras de *Ananas Comosus*

Ley International: European Quality Food - Commission Regulation N° 1881/2006. Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs. (ECA para Cr: 0.05 mg/Kg)

En las Figuras N° 12, 13 y 14 se aprecia las concentraciones los tres metales analizados, Pb, Cr y Cd, las cuales están por encima de la norma internacional, cuyos valores indican la gran capacidad de absorción de las plantas que se cultivan aledañas al relave, es decir las plantas han desarrollado mecanismos específicos para absorber, traslocar y acumular metales y metaloides, debido a que estos presentan un comportamiento electroquímico similar a los elementos nutritivos que las plantas requieren (Lasat, 2000), a esto se agrega que las fitotoxicidad y acumulación de metales pesados en hojas, raíces y cascara dependen de patrones de biodisponibilidad como la materia orgánica recalcitrante, los óxidos de hierro y la arena gruesa.

En las muestras de cascara, para ambas fechas de muestreo, en la fase húmeda, se encontraron la mayor concentración de los metales pesados, caso contrario al estudio realizado en las muestras de la especie *Gynerium sagittatum*, que reportó mayor concentración de Cd y Pb en raíces y se determinó el factor de bioacumulación, por lo que esta especie presenta un potencial para ser utilizada en procesos de fitorremediación de estos metales.

Por otro lado los metales Pb y Cr presentan mayor concentración en las muestras que el Cd, esto se debe a que este metal es absorbido por las superficies cargadas negativamente de las paredes celulares de las raíces (Solís-Domínguez et al., 2007).

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- La presente investigación analizó la concentración de los metales pesados Pb, Cr y Cd del relave minero ubicado en el distrito de Samne las cuales se encuentran por encima de los estándares establecidos por la norma; con una concentración promedio de 14719.437mg/kg para Pb, 161.493mg/kg de Cd y 613.645mg/kg de Cr.
- La mayor concentración de metales pesados Pb, Cr y Cd se encontraron en las muestras de sedimento con concentraciones promedio de 723.36 mg/kg para el Pb, 5.102 mg/kg para el Cd y 18.28 mg/kg para Cr; a comparación de las muestras de agua superficial con concentraciones promedio de 0.97 mg/kg para el Pb, 0.062 mg.kg⁻¹ para el Cd y 0.099 mg/kg para Cr.
- Al analizar la concentración de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las 3 partes de la muestra de *Ananas Comosus*, las cuales se siembran aledañas al relave minero, se determinó que la mayor concentración era del metal pesado Cr en las cascaras de la *Ananas Comosus*, con un promedio de 3.025mg/kg, para ambos muestreos, a comparación del Pb con una concentración promedio de 2.262mg/kg; además en comparación con la ley internacional, ambos metales se encuentran por encima de los estándares establecidos, pero el Cd que presento la menor concentración en esta muestra, no tuvo presencia en el primer muestreo (estiaje), estas concentraciones no se pueden comparar con la ley internacional, puesto que no cuenta con estándar límite para este metal.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis microbiológico de agua superficial del Rio Moche, puesto que este es un factor influyente en la acumulación y retención de metales pesados en suelo, lo cual incrementa la fracción de metal biodisponible para las plantas y microorganismos del suelo.
- Al realizar una análisis microbiológico se puede medir el nivel de pH y temperatura para obtener el grado de toxicidad de los metales pesados en agua superficial; además estos son factores importantes en la absorción de los metales, es decir si el pH del agua es neutro, impide que las sales de algunos metales como el cadmio precipiten y sean absorbidos por las partículas de sedimento.
- Se debe proponer y ejecutar una legislación peruana para controlar las concentraciones de metales pesados en sedimentos, plantas y alimentos; puesto que estos dos últimos constituyen un importante eslabón en la cadena alimenticia, generando contaminación en una gran cantidad de seres vivos, como los seres humanos.
- Se debe proponer métodos de mitigación de los aspectos ambientales negativos presentes de los relaves mineros, como son programas de biorremediación haciendo uso de especies nativas de la zona. Así como también el análisis de un Potencial neto de neutralización de los relaves para determinar el tipo de revestimiento que se debe aplicar a estos relaves mineros.

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdellah & et al. (2016). Assessment of heavy metals and arsenic contamination in the sediments of the Moulouya River and the Hassan II Dam downstream of the abandoned mine Zeïda (High Moulouya, Morocco). Accepted Manuscript. *Journal of African Earth Sciences* 119 (2016) 279-288.
- Acosta, V. & et al. (2002). Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela.
- Aguilar Garnica, J. et al. (2015). Factores Causantes de Degradación Ambiental. *International Journal of Good Conscience*. 10(3)1-9. ISSN 1870-557X
- Alonso, J. et al. (2004). Absorción y Acumulación de metales pesados en tres especies vegetales en suelos enmendados con lodos de depuradora. México city. .ISB N970-94112-0-9.
- Álvarez, R. & Amancio, F. (2014). Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del Río Santa y de la Laguna Chinancocha - Llanganuco periodo 2012 – 2013. (Tesis de Titulo, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo)
- Azhari, A. et al. (2016). Assessment of heavy metals and arsenic contamination in the sediments of the Moulouya River and the Hassan II Dam downstream of the abandoned mine Zeïda (High Moulouya, Morocco). Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/301508500>.
- Bech, J. & et al. (2016). Screening for new accumulator plants in potential hazards elements polluted soil surrounding Peruvian mine tailings.
- Calderón, E. & Concha, R. (2006). Valuación de las concentraciones de Metales Pesados para determinar la calidad de frutas de consumo masivo en la Ciudad de Piura.
- Cruzado, E. & Bravo, F. (2010). “Impacto de los Relaves Minero en el Perú”. Informe Técnico N° 021/2010-2011. Pág. 1-4.

- Chávez Quijada, M. (2015). “Los Pasivos Ambientales Mineros: Diagnostico y Propuestas”. Red de Propuestas y Acción MUDQUI. Pág. 14-19.
- Eaton, A. et al. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Centennial edition.
- Factores Causantes de Degradación Ambiental. Recuperado: [http://www.spentamexico.org/v10-n3/A1.10\(3\)1-9.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n3/A1.10(3)1-9.pdf)
- Fontana, D. et al. (2012). Intoxicación por Plomo y su Tratamiento Farmacológico.
- García, C. & Tongombol, D. (2012). “Los Relaves Mineros, su efecto en el ambiente y la salud”. Centro de Investigaciones en Ingeniería. Perú. Pág. 1-2.
- Gunnar, N. (2007). Metales: Propiedades Químicas Y Toxicidad.
- Guerrero, C. & Zavala, B. (2006). Influencia de la actividad minera en la cuenca del río Ramis – Puno. XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú.
- Haiyang Chen, Ruihui Chen, Yanguo Teng, Jin Wu, (2015). Contamination characteristics, ecological risk and source identification of trace metal in sediments of the Lean River (China).
- Hernández, Adela. (2011). Determinación de metales pesados en suelos de Natividad, Ixtlán de Juárez Oaxaca.
- Jiménez, D. (2012). Cuantificación de Metales Pesados (Cadmio, Cromo, Níquel y Plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos Ostión de Mangle en el Puente Portete del Estero Salado de Guayaquil.
- Kirschbaum, A., Arnosio M, Ribeiro S. (2008). Influencia del pasivo ambiental minero La Concordia en la concentración de metales pesados en sedimentos del río San Antonio, Puna de Salta, Argentina. v. 29, núm. 1, 2012, p. 248-264.
- Klaus Georg, B. (2002). Factores determinantes de contaminación ambiental. INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales, núm. 20. Recuperado: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81820111>.

- Lasat, M. (2000). The use of plants for the removal of toxic metal from contaminated soil. American Association for the Advancement of Science, Environmental Science and Engineering Fellow.
- Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera. Ley N° 28271
- Lizarbe A., & Rivera L., Yaslin. (2013). Optimización del crecimiento de *Helianthus annuus* L. (girasol) para la Fitoextracción de Plomo, Zinc y Cadmio de relaves minero artesanal del Caserío de Zarumilla, Pataz.
- Luis, A. & et al. (2011). Environmental impact of mining activities in the Lousal área (Portugal): Chemical and diatom characterization of metal-contaminated stream sediments and Surface water of Corona stream.
- Medina, R. & et al. (2004). Concentración de Cd, Cr, Cu y Pb en sedimentos y en tres especies de pepino de mar (clase *holothuroidea*) de las costas del Estado de Yucatán, México.
- Ministerio de Energía y Minas (1997). Estudio de Evaluación ambiental territorial y de planteamientos para la reducción o eliminación de la contaminación de origen minero en la cuenca del río moche. Dirección General de Asuntos Ambientales.
- Miranda, D. et al. (2008) Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá.
- Moreno, T.R., Téllez, H.J., Monroy, F.M. (2003). Caracterización de Jales Sulfurosos del Estado de hidalgo como apoyo a la identificación de Modelos Geo ambientales. Memoria XXV Convención internacional de Minería de la AIMMGM en CD. Acapulco (México).
- Muslow, S. (2007). Determinación de biodisponibilidad de metales (Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn) en muestras de agua y sedimento del estuario del río Valdivia mediante la técnica de difusión de gradiente en capa fina (dgt).
- Ngure, V. & et al. (2014). Concentration level of potentially harmful elements from gold mining in Lake Victoria Region, Kenya: Environmental and health implications. ISSN 2224-3186.

- Oyarzún, J. et al. (2016). Distribution of chemical elements in calc-alkaline igneous rocks, soils, sediments and tailings deposits in northern central Chile. *Journal of South American Earth Sciences*.
- Parra, J. & Espinoza, L. (2008). Distribución de metales pesados (Pb, Cd y Zn) en perfiles de sedimento asociado a *Rhizophora Mangle* en el río Sevilla -Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. ISSN 0122-9761.
- Ramírez, Augusto. (2002). Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos
- Ramírez López, G. (2008). Expresión analítica de los componentes de los alimentos. Universidad De Antioquia. Facultad De Química Farmacéutica.
- Ramírez, P. & Mendoza, A. (2010). Fundamentos de la evaluación del riesgo ecológico. Recuperado:
<http://www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/636/fundamentos.pdf>
- Ramos, W. et al. (2009). Intoxicación plúmbica crónica: una revisión de la problemática ambiental en el Perú.
- Reyes, V., Veloz, M. & Vargas, M. (2009). Evaluación de las alternativas para la disminución del impacto ambiental por jales históricos en el distrito minero de Zimapán. CONACYT
- Rocha, E. (2000). Principios Básicos de Espectroscopia. Editorial UACH, México, pág. 123-203.
- Roviera, J. (2016). Contaminación por metales pesados en los sedimentos del río Jarama y su bioasimilación por Tubificidos (*Annelida: Oligochaeta, Tubificidae*).
- Ruiz, E. & Armienta, M. (2012). Acumulación de Arsénico y Metales Pesados en Maíz en suelos cercanos a Jales o Residuos Mineros.
- Salas, F. (2014). Determinación de metales pesados en las aguas del río Ananea debido a la actividad minera aurífera, Puno-Perú. *Revista Investiga. (Esc. Posgrado) V 5, N°4, 2009. ISSN 1997-4035.*

Velásquez, D. (2005). Determinación de Metales Pesados en Biota (*Mytilus Chilensis*) y sedimentos de la Bahía Corral, Provincia de Valdivia.

Vinasco, C. (2011). Documentación para la determinación de Ag, As, Cd, Cr, Pb y Hg en aguas residuales, pulpas de frutas, y sulfato de aluminio por espectroscopia de absorción atómica en el laboratorio de aguas y alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira.

CAPÍTULO VIII: ANEXOS

8.1. Anexo I: Mapa de Ubicación de los puntos de muestreo en la Zona de Influencia de los relaves mineros de Samne – Otuzco.

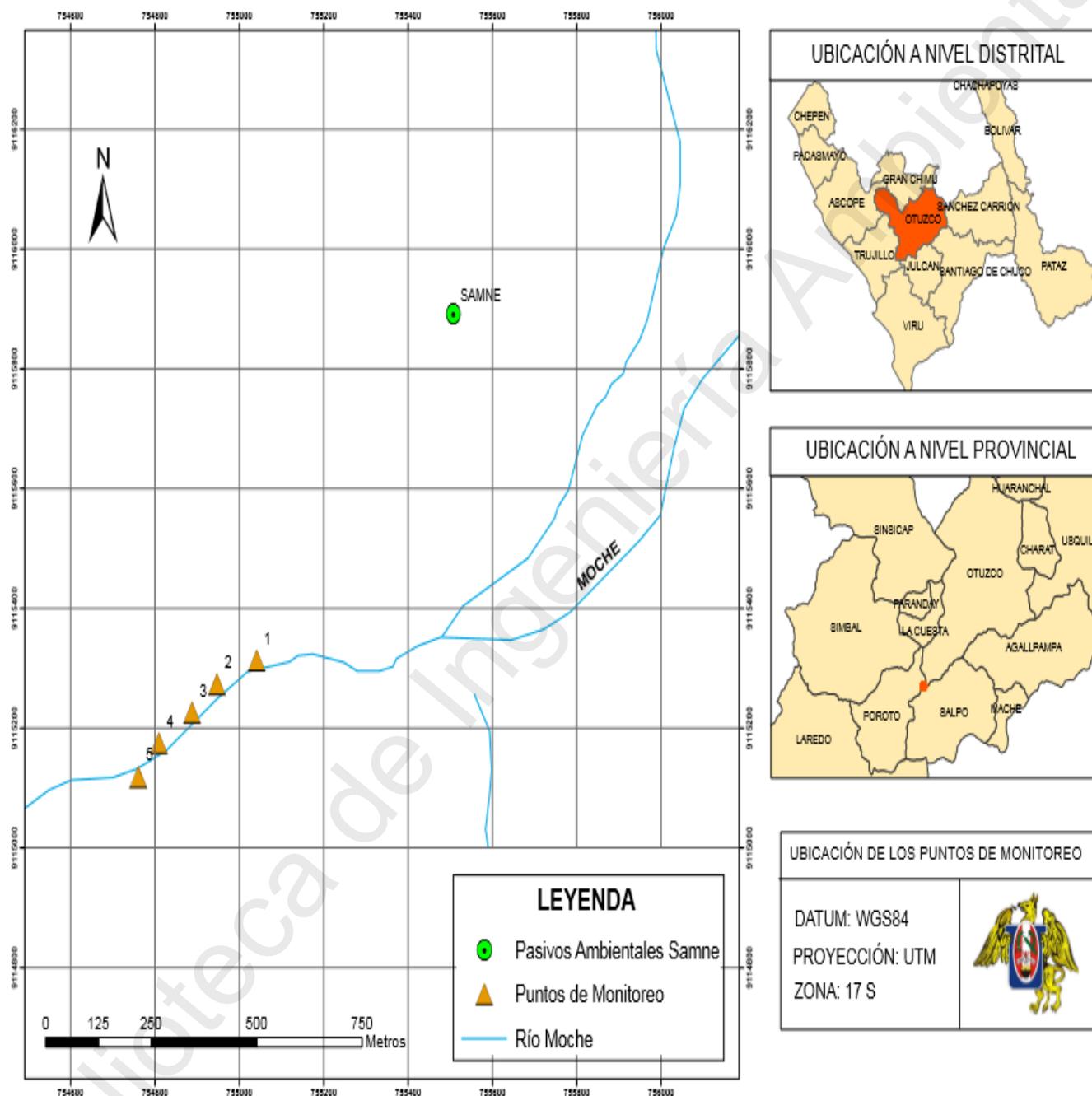


Fig. N°15: Zona de influencia del relave minero en Samne- Otuzco

8.2. ANEXO II: Caracterización de los relaves mineros de Samne

Tabla N°3: Concentraciones de los metales pesados por estratos en el relave minero de Samne

MUESTRA	PLOMO		CROMO		CADMIO	
	[mg/L]	[mg/Kg] (ppm)	[mg/L]	[mg/Kg] (ppm)	[mg/L]	[mg/Kg] (ppm)
ESTRATO 1	10.664	20507.692	0.252	484.615	0.113	217.308
ESTRATO 1	10.579	20344.231	0.284	546.154	0.131	251.923
ESTRATO 2	8.093	14451.786	0.461	823.214	0.082	146.429
ESTRATO 2	8.026	14332.143	0.441	787.500	0.074	132.143
ESTRATO 3	4.871	9367.308	0.253	486.538	0.066	126.923
ESTRATO 3	4.843	9313.462	0.288	553.846	0.049	94.231

8.3. ANEXO III: Resultados realizados en Aguas Superficiales, Sedimentos y Ananas Comosus – Muestreo N°1

Tabla N°4: Análisis de Pb en el muestreo N° 01

Metal	Curva de Calibracion	R	R ²
Pb	$Conc = 12.9916 \times Abs$	0.9998	0.9996

MUESTRA	PESO (gr)	PESO (Kg)	Pb	
			[mg/L]	[mg/Kg] (ppm)
Ananas Comosus				
Pulpa	1.0073	0.0010073	0.235	11.66484662
Cascara	0.679	0.000679	0.168	12.37113402
Tallo/raíz	1.0165	0.0010165	0.149	7.329070339
Sedimento				
1	0.7026	0.0007026	6.248	444.6057501
2	0.7252	0.0007252	6.380	439.8855488
3	0.7203	0.0007203	5.777	401.0342913
4	0.7109	0.0007109	18.362	1291.482628
5	0.7035	0.0007035	14.630	1039.78678
Planta de Relave				
Hoja	0.8026	0.0008026	2.047	127.5230501
Raíz	1.0019	0.0010019	4.416	220.3712945
Agua superficial				
1			0.150	
2			0.125	
3			0.171	
4			0.167	
5			0.127	

Tabla N°5: Análisis de Cd en el muestreo N° 01

Metal	Curva de Calibracion	R	R ²	
Cd	<i>Conc = 8.4988 x Abs</i>	0.9974	0.9949	

MUESTRA	PESO (gr)	PESO (Kg)	Cd	
			[mg/L]	[mg/Kg] (ppm)
Ananas Comosus				
Pulpa	1.0073	0.0010073	-0.097	-4.814851583
Cascara	0.679	0.000679	-0.100	-7.36377025
Tallo/raíz	1.0165	0.0010165	-0.053	-2.606984752
Sedimento				
1	0.7026	0.0007026	0.182	12.95189297
2	0.7252	0.0007252	0.070	4.826254826
3	0.7203	0.0007203	0.036	2.498958767
4	0.7109	0.0007109	0.037	2.602335068
5	0.7035	0.0007035	0.037	2.6297086
Planta de Relave				
Hoja	0.8026	0.0008026	0.321	19.9975081
Raíz	1.0019	0.0010019	0.037	1.846491666
Agua superficial				
1			0.124	
2			0.061	
3			0.064	
4			0.086	
5			0.083	

Tabla N°6: Análisis de Cr en el muestreo N° 01

Metal	Curva de Calibracion	R	R ²	
Cr	<i>Conc = 51.6920 x Abs</i>	0.9967	0.9935	

MUESTRA	PESO (gr)	PESO (Kg)	Cr	
			[mg/L]	[mg/Kg] (ppm)
Ananas Comosus				
Pulpa	1.0073	0.0010073	0.141	6.998907972
Cascara	0.679	0.000679	0.151	11.11929308
Tallo/raiz	1.0165	0.0010165	0.221	10.87063453
Sedimento				
1	0.7026	0.0007026	0.305	21.70509536
2	0.7252	0.0007252	0.200	13.7892995
3	0.7203	0.0007203	0.310	21.51881161
4	0.7109	0.0007109	0.405	28.48501899
5	0.7035	0.0007035	0.224	15.92039801

Planta de Relave				
Hoja	0.8026	0.0008026	0.224	13.9546474
Raiz	1.0019	0.0010019	0.213	10.62980337
Agua superficial				
1			0.064	
2			0.058	
3			0.102	
4			0.073	
5			0.093	

8.4. Anexo IV: Resultados realizados en Aguas Superficiales, Sedimentos y Ananas Cosmosus – Muestreo N°2

Tabla N°7: Análisis de Pb en el muestreo N° 02

MUESTRA	PESO (gr)	PESO (Kg)	Pb	
			[mg/L]	[mg/Kg] (ppm)
Ananas Cosmosus				
Muestra 1	1.0668	0.0010668	0.376	17.62279715
Muestra 2	1.0637	0.0010637	0.141	6.627808593
Muestra 3	1.0092	0.0010092	0.152	7.5307174
Sedimento				
1	0.322	0.000322	6.205	963.4627329
2	0.326	0.000326	7.636	1171.226994
3	0.3019	0.0003019	8.281	1371.447499
4	0.308	0.000308	5.049	819.5616883
5	0.3055	0.0003055	7.946	1300.435352
Planta de Relave				
Muestra 4	1.0195	0.0010195	0.254	12.45708681
Muestra 5	1.0465	0.0010465	0.410	19.58910655
Muestra 6	1.0097	0.0010097	0.048	2.376943647
Muestra 7	1.0145	0.0010145	0.097	4.780680138
Agua superficial				
1			0.095	
2			0.044	
3			0.021	
4			0.040	
5			0.027	

Tabla N°8: Análisis de Cd en el muestreo N° 02

MUESTRA	PESO (gr)	PESO (Kg)	Cd	
			[mg/L]	[mg/Kg] (ppm)
Ananas Comosus				
Muestra 1	1.0668	0.0010668	0.099	4.640044994
Muestra 2	1.0637	0.0010637	0.099	4.653567735
Muestra 3	1.0092	0.0010092	0.040	1.981767737
Sedimento				
1	0.322	0.000322	0.184	28.57142857
2	0.326	0.000326	0.123	18.86503067
3	0.3019	0.0003019	0.170	28.15501822
4	0.308	0.000308	0.175	28.40909091
5	0.3055	0.0003055	0.127	20.78559738
Planta de Relave				
Muestra 4	1.0195	0.0010195	0.021	1.029916626
Muestra 5	1.0465	0.0010465	0.072	3.440038223
Muestra 6	1.0097	0.0010097	0.140	6.932752303
Muestra 7	1.0145	0.0010145	0.157	7.737801873
Agua superficial				
1			0.011	
2			0.064	
3			0.060	
4			0.025	
5			0.039	

Tabla N°9: Análisis de Cr en el muestreo N° 02

MUESTRA	PESO (gr)	PESO (Kg)	Cr	
			[mg/L]	[mg/Kg] (ppm)
Ananas Comosus				
Muestra 1	1.0668	0.0010668	0.129	6.046119235
Muestra 2	1.0637	0.0010637	0.351	16.49901288
Muestra 3	1.0092	0.0010092	0.186	9.215219976
Sedimento				
1	0.322	0.000322	0.817	126.863354
2	0.326	0.000326	0.240	36.80981595
3	0.3019	0.0003019	0.186	30.80490229
4	0.308	0.000308	0.184	29.87012987
5	0.3055	0.0003055	0.513	83.96072013
Planta de Relave				
Muestra 4	1.0195	0.0010195	0.196	9.612555174
Muestra 5	1.0465	0.0010465	0.221	10.55900621
Muestra 6	1.0097	0.0010097	0.353	17.48043973
Muestra 7	1.0145	0.0010145	0.187	9.21636274
Agua superficial				
1			0.115	
2			0.158	
3			0.126	

4			0.086	
5			0.113	

Tabla N° 10: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de agua superficial del río moche en el mes octubre.

Muestras	[Pb] mg/L	[Cd] mg/L	[Cr] mg/L
M-1	0,150	0,124	0,064
M-2	0,125	0,061	0,058
M-3	0,171	0,064	0,102
M-4	0,167	0,086	0,073
M-5	0,127	0,083	0,093

Datos obtenidos en la experimentación de la investigación

Tabla N° 11: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de agua superficial del río moche en el mes noviembre.

Muestras	[Pb] mg/L	[Cd] mg/L	[Cr] mg/L
M-1	0,095	0,011	0,115
M-2	0,044	0,064	0,158
M-3	0,021	0,060	0,126
M-4	0,040	0,025	0,086
M-5	0,027	0,039	0,113

Datos obtenidos en la experimentación de la investigación

Tabla N° 12: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de sedimentos del río moche en el mes octubre.

Muestras	[Pb] mg/Kg	[Cd] mg/Kg	[Cr] mg/Kg
M-1	444,606	12,952	21,705
M-2	439,886	4,826	13,789
M-3	401,034	2,499	21,519
M-4	1291,483	2,602	18,485
M-5	1039,787	2,630	15,920

Datos obtenidos en la experimentación de la investigación

Tabla N° 13: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de sedimentos del río moche en el mes noviembre.

Muestras	[Pb] mg/Kg	[Cd] mg/Kg	[Cr] mg/Kg
M-1	963,463	28,571	126,863
M-2	1171,227	18,865	36,810
M-3	1371,447	28,155	30,805
M-4	819,562	28,409	29,870
M-5	1300,435	20,786	83,961

Datos obtenidos en la experimentación de la investigación

Tabla N° 14: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de agua superficial y sedimentos.

Muestra	METAL	AGUA SUPERFICIAL		SEDIMENTOS		NORMAS
		OCTUBRE	NOVIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	
M-1	Pb	0,150	0,095	444,606	936,463	Estándares de Calidad Ambiental para Agua Superficial Categoría 4: ECA's Para Ríos 1. Cadmio: 0.00025 [mg/L] 2. Cromo: 0.011 [mg/L] 3. Plomo: 0.0025 [mg/L] Ley Internacional de Canadá: 1. Cadmio: 0.6 [mg/Kg] 2. Cromo: 37.3 [mg/Kg] 3. Plomo: 35.0 [mg/Kg]
	Cd	0,124	0,011	12,952	28,571	
	Cr	0,064	0,115	21,705	126,863	
M-2	Pb	0,125	0,044	439,886	1171,227	
	Cd	0,061	0,064	4,826	18,865	
	Cr	0,058	0,158	13,789	36,810	
M-3	Pb	0,171	0,021	401,034	1371,447	
	Cd	0,064	0,060	2,499	28,155	
	Cr	0,102	0,126	21,519	30,805	
M-4	Pb	0,167	0,040	1291,483	819,562	
	Cd	0,086	0,025	2,602	28,409	
	Cr	0,073	0,086	28,485	29,870	
M-5	Pb	0,127	0,027	1039,787	1300,435	
	Cd	0,083	0,039	2,630	20,786	
	Cr	0,093	0,113	15,920	83,967	

Datos obtenidos en la experimentación de la investigación

Ley Nacional Decreto Supremo N°015-2015-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua Superficial.

Ley Internacional: Canadian Sediment Quality Guideline for the Protection of Aquatic Life.

Tabla N° 15: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de *Ananas Comosus* en el mes de octubre.

Muestras	METAL Pb	Metal Cd	Metal Cr
Pulpa	11,665	-4,815	6,999
Cascara	12,371	-7,364	11,119
Tallo/Raíz	7,329	-2,607	10,871

Datos obtenidos en la experimentación de la investigación

Tabla N° 16: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd en las muestras de *Ananas Comosus* en el mes de noviembre.

Muestras	METAL Pb	Metal Cd	Metal Cr
Pulpa	17,623	4,640	6,046
Cascara	6,628	4,654	16,499
Tallo/Raíz	7,531	1,982	9,215

Datos obtenidos en la experimentación de la investigación

Tabla N° 17: Concentraciones de los metales pesados Pb, Cr y Cd y porcentaje de humedad de las muestras de *Ananas comosus*.

	PESO MUESTRA mg	PESO MUESTRA SECA mg	PORCENTAJE DE HUMEDAD	ABSORCIÓN ATOMICA BASE SECA			ABSORCIÓN ATOMICA BASE HUMEDA			NORMA
				Pb	Cd	Cr	Pb	Cd	Cr	
Pulpa Octubre	33.379	3.980	88.08%	11.665	N.D	6.999	1.391	N.D.	0.835	Ley Internacional: 1. Cadmio: --- [mg/Kg] 2. Cromo: 0.05 [mg/Kg] 3. Plomo: 0.10 [mg/Kg]
Pulpa Noviembre	47.808	4.670	90.23%	17.623	4.640	6.046	1.721	0.453	0.591	
Cascara Octubre	12.741	3.374	73.52%	12.371	N.D	11.119	3.276	N.D.	2.944	
Cascara Noviembre	31.974	6.019	81.18%	6.628	4.654	16.499	1.248	0.876	3.106	
Tallo/Raíz Octubre	15.098	3.700	75.49%	7.329	N.D	10.871	1.796	N.D.	2.664	
Tallo/Raíz Noviembre	24.294	3.895	83.97%	7.531	1.982	9.215	1.208	0.318	1.478	

Datos obtenidos en la experimentación de la investigación

Ley International: European Quality Food - Commission Regulation N° 1881/2006. Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs

8.5. ANEXO V: Normas y Estándares de Calidad Ambiental

El Peruano Lima, lunes 25 de marzo de 2013	 NORMAS LEGALES	491497
<p style="text-align: center;">AMBIENTE</p> <p style="text-align: center;">Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo</p> <p style="text-align: center;">DECRETO SUPREMO N° 002-2013-MINAM</p> <p style="text-align: center;">EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA</p> <p style="text-align: center;">CONSIDERANDO:</p> <p>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;</p> <p>Que, según el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, 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 a 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;</p> <p>Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, referido al rol de Estado en materia ambiental, dispone que éste 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 dicha Ley;</p>	<p>Que, el artículo 31° de la Ley N° 28611, 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. El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas; así como referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;</p> <p>Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, este Ministerio tiene como función específica elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), que deberán contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados o modificados mediante Decreto Supremo;</p> <p>Que, la Política Nacional del Ambiente, aprobada mediante Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, consigna entre los Lineamientos de Política del Eje 2: Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, referidos al control integrado de la contaminación, el de contar con parámetros de contaminación para el control y mantenimiento de la calidad del aire, agua y suelo;</p> <p>Que, mediante Resolución Ministerial N° 225-2012-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el Período 2012-2013, estando programada la elaboración del ECA para Suelo;</p> <p>Que, asimismo, la Agenda Nacional de Acción Ambiental – Agenda Ambiente 2013-2014, aprobada por Resolución Ministerial N° 026-2013-MINAM, establece en su Objetivo 9 – Prevenir y Disminuir la Contaminación de los Suelos, la aprobación e implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, por el Ministerio del Ambiente;</p> <p>Que, en el marco de lo dispuesto en el Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales aprobada por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, la propuesta normativa fue sometida a Consulta Pública, habiéndose recibido aportes y comentarios para su formulación;</p> <p>Que, en ese sentido, corresponde aprobar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, conforme a lo establecido en el artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013;</p> <p>De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente y el artículo 118° de la Constitución Política del Perú.</p> <p style="text-align: center;">DECRETA:</p> <p>Artículo 1°.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Apruébese los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, contenidos en el Anexo I del presente Decreto Supremo.</p> <p>Artículo 2°.- Ámbito de Aplicación Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo son aplicables a todo proyecto y actividad, cuyo desarrollo dentro del territorio nacional genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia.</p> <p>Artículo 3°.- Definiciones Para los fines de la presente norma, se utilizarán las definiciones contenidas en el Anexo II del presente Decreto Supremo.</p> <p>Artículo 4°.- Prohibición de mezcla de suelos Prohibase la adición de un suelo no contaminado a un suelo contaminado, con la finalidad de reducir la concentración de uno o más contaminantes para alcanzar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.</p> <p>Artículo 5°.- Instrumentos de Gestión Ambiental y el ECA para Suelo Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo son referente obligatorio en el diseño y aplicación de</p>	

todos los instrumentos de gestión ambiental, lo que incluye planes de descontaminación de suelos o similares.

Artículo 6*.- Aplicación del ECA para Suelo para proyectos nuevos

Para el caso de proyectos nuevos, los titulares están obligados a determinar como parte de su Instrumento de Gestión Ambiental, la concentración de las sustancias químicas, que caracteriza sus actividades extractivas, productivas o de servicios, en el suelo de su emplazamiento y áreas de influencia, estén o no comprendidas en el Anexo I de la presente norma, lo que constituirá su nivel de fondo.

En base a lo señalado en el párrafo precedente, se establecerán los mecanismos y acciones a incluir en la estrategia de manejo ambiental, medidas o planes del Instrumento de Gestión Ambiental correspondiente.

Artículo 7*.- Aplicación de ECA para Suelo para actividades en curso

Los titulares con actividades en curso deberán actualizar sus instrumentos de gestión ambiental aprobados por la autoridad competente, en concordancia con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, en un plazo no mayor de doce (12) meses, contados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo.

Artículo 8*.- Planes de Descontaminación de Suelos (PDS)

Cuando se determine la existencia de un sitio contaminado derivado de las actividades extractivas, productivas o de servicios, el titular debe presentar el Plan de Descontaminación de Suelos (PDS), el cual es aprobado por la autoridad competente.

El PDS determina las acciones de remediación correspondientes, tomando como base los estudios de caracterización de sitios contaminados, en relación a las concentraciones de los parámetros regulados en el Anexo I. En caso el nivel de fondo de un sitio excediera el ECA correspondiente para un parámetro determinado, se utilizará dicho nivel como concentración objetivo de remediación.

Para sitios afectados mayores a 10000 m², se podrá tomar como base los niveles de remediación que se determinen del estudio de evaluación de riesgos a la salud y al ambiente, a cargo del titular de la actividad. Para el caso de la evaluación de riesgos a la salud humana, la autoridad competente requerirá la opinión técnica favorable de la Autoridad de Salud, previa a la aprobación del PDS.

Las entidades de fiscalización ambiental o autoridades competentes podrán identificar sitios contaminados y exigir, a través de estas últimas, la elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos, que deberán ser presentados en un plazo no mayor de doce (12) meses, contados desde la fecha de notificación al titular de la actividad extractiva, productiva o de servicios, responsable de la implementación de las medidas de remediación correspondientes.

El plazo para la ejecución del PDS no será mayor a tres (03) años, contados desde la fecha de aprobación del mismo. Solo por excepción y en caso técnicamente justificado, se podrá ampliar este plazo por un (01) año como máximo.

Artículo 9*.- Descontaminación de Suelos derivados de una emergencia

En casos de emergencia, el titular deberá activar el Plan de Contingencia correspondiente, procediendo a ejecutar inmediatamente las acciones de remediación destinadas a reducir los impactos ocasionados. En caso el titular de la actividad no contara con este instrumento, ello no lo exime de la ejecución inmediata de medidas destinadas a cumplir con los ECA de suelo vigentes. En ambos casos señalados anteriormente, el cronograma de remediación es remitido a la entidad de fiscalización ambiental correspondiente para el seguimiento del cumplimiento del mismo.

Artículo 10*.- Planes de Descontaminación de Suelos (PDS) derivados de actividades extractivas, productivas o de servicios

Los titulares con actividades en curso, cuenten o no con un instrumento de gestión ambiental aprobado o vigente, deberán realizar un muestreo exploratorio del

suelo dentro del emplazamiento y áreas de influencia de sus actividades extractivas, productivas o de servicios, debiendo comunicar los resultados obtenidos a la autoridad competente y a la entidad de fiscalización ambiental correspondiente.

Si como resultado del muestreo señalado encontrasen sitios contaminados, deberán presentar el Plan de Descontaminación de Suelos respectivo a la autoridad competente para su aprobación, en un plazo no mayor de doce (12) meses, contados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo.

Artículo 11*.- Análisis de Muestras

El análisis de las muestras de suelo deberá ser realizado por laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), para los métodos de ensayo señalados en el Anexo I de la presente norma. En tanto no se disponga de laboratorios acreditados se utilizarán los laboratorios aceptados expresamente por las autoridades competentes.

Artículo 12*.- Contaminantes no comprendidos en el Anexo I

En caso que la actividad genere o maneje sustancias químicas no comprendidas en el Anexo I, se aplicará lo establecido en el numeral 33.3 del artículo 33* de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

Artículo 13*.- Incumplimiento de las obligaciones

El incumplimiento de las obligaciones comprendidas en la presente norma constituye infracciones administrativas sancionables por las entidades de fiscalización ambiental, para lo cual se encuentran facultadas a ejercer las acciones de supervisión y fiscalización correspondientes.

La responsabilidad administrativa será objetiva e independiente de la responsabilidad civil o penal que pudiera derivarse por los mismos hechos.

Artículo 14*.- Fondos de Garantía

Las autoridades competentes deben establecer mecanismos para generar fondos de garantía que aseguren el cumplimiento del Plan de Descontaminación de Suelos por parte de los titulares de las actividades extractivas, productivas y de servicios.

Artículo 15*.- Revisión del ECA para suelo

El Ministerio del Ambiente complementará o modificará, mediante Decreto Supremo, lo dispuesto en la presente norma.

Artículo 16*.- Vigencia

El presente Decreto Supremo entrará en vigencia al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Artículo 17*.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- El Ministerio del Ambiente aprobará la Guía para Muestreo de Suelos y la Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos en un plazo no mayor de tres (03) meses, contados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo.

Segunda.- El Ministerio del Ambiente aprobará la Guía para la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente, en un plazo no mayor de seis (06) meses, contados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo, sin perjuicio del cumplimiento de los Planes de Descontaminación de Suelos aprobados.

Tercera.- Para el caso de pasivos ambientales de hidrocarburos y de minería, se utilizarán los ECA para suelo aprobados mediante la presente norma, bajo los procedimientos establecidos en la Ley N° 29134, Ley que Regula los Pasivos Ambientales del Subsector Hidrocarburos y su Reglamento, así como en la Ley N° 28271, Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera, su Reglamento y la Ley N° 28090, Ley que regula el Cierre de minas y su Reglamento.



Cuarta.- El Ministerio del Ambiente, mediante Resolución Ministerial, dictará las normas complementarias para la mejor aplicación del presente Decreto Supremo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinticuatro días del mes de marzo del año dos mil trece.

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente Constitucional de la República

MANUEL PULGAR-VIDAL OTALORA
Ministro del Ambiente

ANEXO I

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA SUELO

N°	Parámetros	Usos del Suelo			Método de ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial/Parques	Suelo Comercial/Industrial/Extractivos	
I Orgánicos					
1	Benceno (mg/kg MS)	0,03	0,03	0,03	EPA 8260-B EPA 8021-B
2	Tolueno (mg/kg MS)	0,37	0,37	0,37	EPA 8260-B EPA 8021-B
3	Etilbenceno (mg/kg MS)	0,082	0,082	0,082	EPA 8260-B EPA 8021-B
4	Xileno (mg/kg MS)	11	11	11	EPA 8260-B EPA 8021-B
5	Naftaleno (mg/kg MS)	0,1	0,6	22	EPA 8260-B
6	Fración de hidrocarburos F1 (C5-C10) (mg/kg MS)	200	200	500	EPA 8015-B
7	Fración de hidrocarburos F2 (C10-C28) (mg/kg MS)	1 200	1 200	5 000	EPA 8015-M
8	Fración de hidrocarburos F3 (C28-C40) (mg/kg MS)	3 000	3 000	6 000	EPA 8015-D
9	Benzo(a) pireno (mg/kg MS)	0,1	0,7	0,7	EPA 8270-D
10	Bifenilos policlorados - PCB (mg/kg MS)	0,5	1,3	33	EPA 8270-D
11	Aldrin (mg/kg MS) _{PA}	2	4	10	EPA 8270-D
12	Endrin (mg/kg MS) _{PA}	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
13	DDT (mg/kg MS) _{PA}	0,7	0,7	12	EPA 8270-D
14	Heptacloro (mg/kg MS) _{PA}	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
II Inorgánicos					
15	Cianuro libre (mg/kg MS)	0,9	0,9	8	EPA 9013-A/AFPA-A/WWA-WEF 4500 CN F
16	Arsénico total (mg/kg MS) _{PA}	50	50	140	EPA 3050-B EPA 3051
17	Bario total (mg/kg MS) _{PA}	750	500	2 000	EPA 3050-B EPA 3051
18	Cádmio total (mg/kg MS) _{PA}	1,4	10	22	EPA 3050-B EPA 3051
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0,4	0,4	1,4	DIN 19734
20	Mercurio total (mg/kg MS) _{PA}	6,6	6,6	24	EPA 7471-B
21	Plomo total (mg/kg MS) _{PA}	70	140	1 200	EPA 3050-B EPA 3051

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)

DIN: German Institute for Standardization

MS: materia seca a 105 °C, excepto para compuestos orgánicos y mercurio no debe exceder 40 °C, para cianuro libre se debe realizar el secado de muestra fresca en una estufa a menos de 10 °C por 4 días. Luego de secada la muestra debe ser tamizada con malla de 2 mm. Para el análisis se emplea la muestra tamizada < 2mm.

Nota 1: Plaguicidas regulados debido a su persistencia en el ambiente, en la actualidad está prohibido su uso, son Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP).

Nota 2: Concentración de metales totales.

ANEXO II

DEFINICIONES

Autoridad competente: Entidad del Estado del nivel nacional, regional o local que con arreglo a sus atribuciones y según lo disponga su normativa específica ejerce competencia en materia de evaluación de impacto ambiental, en el marco de lo establecido por la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, y demás disposiciones complementarias o modificatorias.

Caracterización de sitios contaminados: Determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes químicos o biológicos presentes, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación.

Contaminante: Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente.

Emergencia: Cuando la contaminación del sitio derive de una circunstancia o evento, indeseado o inesperado, que ocurra repentinamente y que traiga como resultado la liberación no controlada, incendio o explosión de uno o varios materiales peligrosos o residuos peligrosos que afecten la salud humana o el ambiente, de manera inmediata.

Entidad de fiscalización ambiental: Entidad del Estado del nivel nacional, regional o local que tiene atribuida de forma expresa alguna o todas las funciones comprendidas en el macroproceso de fiscalización ambiental (evaluación, supervisión, fiscalización y sanción), en el marco de lo establecido por la Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, y demás disposiciones complementarias o modificatorias.

Evaluación de riesgos a la salud y el ambiente: Es el estudio que tiene por objeto definir si la contaminación existente en un sitio representa un riesgo tanto para la salud humana como para el ambiente, así como los niveles de remediación específicos del sitio en función del riesgo aceptable y las acciones de remediación que resulten necesarias.

Fración de hidrocarburos F1 o hidrocarburos fracción ligera: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre cinco y diez átomos de carbono (C₅ a C₁₀). Los hidrocarburos fracción ligera deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasaviación, gasolvente, gasolinas, gas nafta.

Fración de hidrocarburos F2 o hidrocarburos fracción media: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre diez y veintiocho átomos de carbono (C₁₀ a C₂₈). Los hidrocarburos fracción media deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasóleo, diesel, turbosina, queroseno, mezcla de creosota, gasaviación, gasolvente, gasolinas, gas nafta.

Fración de hidrocarburos F3 o hidrocarburos fracción pesada: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre veintiocho y cuarenta átomos de carbono (C₂₈ a C₄₀). Los hidrocarburos fracción pesada deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, combustóleo, parafinas, petrolatos, aceites derivados del petróleo.

Nivel de fondo: Concentración en el suelo de los químicos regulados que no fueron generados por la actividad objeto de análisis y que se encuentran en el suelo de manera natural o fueron generados por alguna fuente antropogénica ajena a la considerada.

Plan de Descontaminación de Suelos: Instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad remediar los impactos ambientales originados por una o varias actividades pasadas o presentes en los suelos. Los tipos de acciones de remediación que se podrán aplicar,

sola o en combinaciones, son: acciones de remediación para la eliminación de los contaminantes del sitio, acciones para evitar la dispersión de los contaminantes, acciones para el control del uso del suelo, y acciones para monitoreo del sitio contaminado. La presentación del Plan de Descontaminación de Suelos no exime de la responsabilidad de elaborar y presentar ante la autoridad competente, los demás instrumentos de gestión ambiental propios de la actividad.

Parámetro: Cualquier elemento o sustancia química del suelo que define su calidad y que se encuentra regulado por el presente Decreto Supremo.

Remediación: Tarea o conjunto de tareas a desarrollarse en un sitio contaminado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas.

Sitio contaminado: Aquel suelo cuyas características químicas han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias químicas contaminantes depositadas por la actividad humana, en concentraciones tal que en función del uso actual o previsto del sitio y sus alrededores represente un riesgo a la salud humana o el ambiente.

Suelo: Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

Suelo agrícola: Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

Suelo comercial: Suelo en el cual, la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

Suelo industrial/extractivo: Suelo en el cual, la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

Suelo residencial/parques: Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas: incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.

916305-1

8.6.ANEXO VI: Normas y Estándares de Calidad Ambiental para Agua

569076

NORMAS LEGALES

Sábado 19 de diciembre de 2015 / El Peruano

PODER EJECUTIVO

AMBIENTE

Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación**DECRETO SUPREMO
N° 015-2015-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, según el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, 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 a 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;

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, referido al rol de Estado en materia ambiental, dispone que éste 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 dicha Ley;

Que, el artículo 31° de la Ley N° 28611, 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;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33 de la citada ley, dispone que 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 el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, este Ministerio tiene como función específica elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), debiendo ser aprobados o modificados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprobaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y, mediante Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprobaron las disposiciones para la implementación de dichos estándares;

Que, las referencias nacionales e internacionales de toxicidad consideradas en la aprobación los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua han sido modificadas, tal como lo acreditan los estudios de investigación y guías internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica, de la Comunidad Europea, entre otros;

Que, asimismo, el Ministerio del Ambiente ha recibido diversas propuestas de instituciones públicas y privadas, con la finalidad de que se revisen las subcategorías, valores y parámetros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua vigentes, por lo que, resulta necesario modificar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N°

002-2008-MINAM y precisar determinadas disposiciones contenidas en el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM;

Que, en el marco de lo dispuesto en el 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, la presente propuesta ha sido sometida a consulta y participación ciudadana, en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente y el artículo 118° de la Constitución Política del Perú.

DECRETA:

Artículo 1.- Modificación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Modifíquese los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, detallados en el Anexo de la presente norma.

Artículo 2.- ECA para Agua y políticas públicas

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, y en el diseño de normas legales y políticas públicas, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

Artículo 3.- ECA para Agua e instrumentos de gestión ambiental.

3.1. Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental

3.2. Los titulares de la actividad extractiva, productiva y de servicios deben prevenir y/o controlar los impactos que sus operaciones pueden generar en los parámetros y concentraciones aplicables a los cuerpos de agua dentro del área de influencia de sus operaciones, advirtiendo entre otras variables, las condiciones particulares de sus operaciones y los insumos empleados en el tratamiento de sus efluentes; dichas consideraciones deben ser incluidas como parte de los compromisos asumidos en su instrumento de gestión ambiental, siendo materia de fiscalización por parte de la autoridad competente

Artículo 4.- Excepción de aplicación de los ECA para Agua.

4.1. Las excepciones para la aplicación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua previstas en el Artículo 7° de las disposiciones para su implementación aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM se aplican de forma independiente.

4.2. El supuesto previsto en el literal b) del citado Artículo 7° constituye una excepción de carácter temporal que es aplicable para efectos del monitoreo de calidad ambiental y en el seguimiento de las obligaciones asumidas por el titular de la actividad.

Artículo 5.- Revisión de los ECA para Agua.

5.1. Conjuntamente con los límites máximos permisibles aplicables a una actividad, las entidades de fiscalización ambiental verifican la eficiencia del tratamiento de efluentes y las características ambientales particulares advertidas en los estudios de línea de base, o los niveles de fondo que caracterizan los cuerpos de agua dentro del área de influencia de la actividad sujeta a control.

5.2. Dicha información se sistematiza y remite al Ministerio del Ambiente, de conformidad con el artículo 9 de las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, para efectos de la revisión periódica del ECA para Agua.

Artículo 6.- Actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso

Para la actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso se observa los siguientes procedimientos:

6.1. El Titular de la actividad extractiva, productiva y de servicios en curso evalúa si las obligaciones ambientales contenidas en su instrumento de gestión ambiental vigente requieren ser modificadas en virtud a los ECA para Agua establecidos en la presente norma, de modo que su actividad no afecte los cuerpos de agua existentes en el área de influencia de sus operaciones.

6.2. El Titular tiene un plazo de seis (6) meses, contado a partir de la entrada en vigencia de la presente norma, para comunicar a la autoridad ambiental competente si los valores de los ECA para Agua ameritan la modificación de su instrumento de gestión ambiental vigente.

A partir de la fecha de la comunicación formulada a la Autoridad Ambiental Competente, el Titular tiene un plazo de doce (12) meses adicionales para presentar la modificación del mencionado instrumento de gestión ambiental.

6.3. La Autoridad Ambiental Competente tiene un plazo máximo de noventa (90) días calendario para evaluar y aprobar el Plan de Manejo Ambiental presentado. En el marco del plazo descrito, la Autoridad Ambiental Competente tiene un plazo máximo de cuarenta y cinco (45) días calendario para revisar y remitir las observaciones al Titular respecto al Plan de Manejo Ambiental presentado, en caso corresponda. El Titular tiene un plazo máximo de treinta (30) días calendario para la presentación del levantamiento de las observaciones que haya efectuado la Autoridad Ambiental Competente al Plan de Manejo Ambiental presentado.

6.4. El plazo máximo para la implementación de las medidas de adecuación, contenidas en la modificación del instrumento de gestión ambiental, es de tres (03) años, contado a partir de la aprobación por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

6.5. Si el titular no formula comunicación ni presenta la modificación de su instrumento de gestión ambiental dentro de los plazos descritos en el presente artículo, son de referencia automática los ECA para Agua aprobados en el artículo 1 del presente decreto supremo.

La solicitud de modificación no suspende la ejecución de las obligaciones ambientales establecidas en instrumentos de gestión ambiental previamente aprobados por la Autoridad Ambiental Competente, ni el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, según corresponda.

Artículo 7.- Refrendo

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

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Para efectuar los monitoreos en aplicación de la presente norma, la autoridad ambiental competente debe considerar los parámetros asociados prioritariamente a la actividad extractiva, productiva o de servicios y a aquellos que permitan caracterizar las condiciones naturales de la zona de estudio o el efecto de otras descargas en la zona.

Segunda.- La entidad de fiscalización ambiental supervisa, una vez concluido el plazo para la implementación del instrumento de gestión ambiental correspondiente, que las actividades extractivas, productivas y de servicios realicen sus operaciones considerando los valores y parámetros establecidos en la presente norma.

Tercera.- El Titular de la actividad minera que se encuentre implementando su instrumento de gestión ambiental de acuerdo al Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM o el Plan Integral, aprobado por el Ministerio de Energía y Minas, en concordancia con lo establecido en el Decreto Supremo N° 010-2011-MINAM, tiene un plazo de sesenta (60) días calendario para evaluar e informar a dicha autoridad si el plan aprobado requiere ser modificado, a fin de guardar relación con los ECA para Agua aprobados en el artículo 1 de la presente norma.

A partir de la fecha de la comunicación a la Autoridad Ambiental Competente, el Titular tiene un plazo de doce (12) meses adicionales para presentar la modificación de su Plan Integral o el instrumento de gestión ambiental que corresponda.

El proceso de evaluación y aprobación del Plan Integral presentado por parte de la Autoridad Ambiental Competente, se rige por lo dispuesto en el artículo 6° de la presente norma.

El plazo máximo para el cumplimiento del proceso de adecuación es de tres (03) años, contado a partir de la aprobación de la modificación del Plan Integrado por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

La solicitud de modificación no suspende la obligación de cumplir, como mínima exigencia, con los valores de Límites Máximos Permisibles (LMP) anteriormente aprobados contenidos en su instrumento de gestión ambiental vigente, hasta la conclusión del proceso de adecuación.

En caso el Titular minero no cumpla con informar a la Autoridad Ambiental Competente la necesidad de la modificación o no presente la modificación de su Plan Integral o el instrumento de gestión ambiental correspondiente en los plazos establecidos en la presente disposición, se le aplican los compromisos asumidos y el cronograma de ejecución consignado en el Plan Integral aprobado.

Cuarta.- El Titular de la actividad minera que haya cumplido con presentar un Plan Integral, en concordancia con lo establecido en el Decreto Supremo N° 010-2011-MINAM; pero que a la fecha de la publicación de la presente norma no cuente con la aprobación por parte del Ministerio de Energía y Minas, tiene un plazo de sesenta (60) días calendario para evaluar e informar a dicha Autoridad Ambiental si el Plan Integral presentado requiere una actualización a los valores de los ECA para Agua aprobados en el artículo 1 de la presente norma.

Efectuada dicha comunicación, la Autoridad Ambiental Competente devuelve el expediente respectivo al Titular minero en el plazo máximo de diez (10) días calendario. A partir de la fecha de la referida devolución el Titular minero tiene un plazo de doce (12) meses para presentar una actualización del Plan Integral inicialmente presentado.

El proceso de evaluación y aprobación de la actualización del Plan Integral por parte de la Autoridad Ambiental Competente, se rige por lo dispuesto en el artículo 6° de la presente norma.

El plazo máximo para el cumplimiento del proceso de adecuación es de tres (03) años, contado a partir de la aprobación del Plan Integral por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

Si el Titular minero no comunica al Ministerio de Energía y Minas la necesidad de actualizar el Plan Integral que fuera presentado, se entiende que no requiere modificar dicho proyecto de instrumento de gestión ambiental, reanudándose su evaluación.

En caso que el Titular minero, habiendo notificado a la DGAAM del Ministerio de Energía y Minas su disposición a actualizar el Plan Integral presentado no presente dicha actualización en los plazos señalados, puede ser pasible de las sanciones que correspondan por la afectación de la eficacia de la fiscalización ambiental.

Quinta.- En un plazo no mayor a seis (6) meses mediante Resolución Ministerial el Ministerio del Ambiente establece las condiciones sobre los métodos de ensayo aplicables a la medición de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por la presente norma.

DISPOSICION COMPLEMENTARIA MODIFICATORIA

Única.- Modificación del artículo 2 de las Disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

Modifíquese el artículo 2 de las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, de acuerdo a lo siguiente:

"Artículo 2.- Precisiones de las Categorías de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Para la implementación del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y de la presente norma, se tiene en consideración las siguientes precisiones de las Categorías de los ECA para Agua:

569078

NORMAS LEGALES

Sábado 19 de diciembre de 2015 /  El Peruano**Categoría 1: Poblacional y Recreacional**

Sub Categoría A. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

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.

(...)

Sub Categoría B. Aguas superficiales destinadas para recreación

Son las aguas superficiales destinadas al uso recreativo, que en la zona costera marina comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea y que en las aguas continentales su amplitud es definida por la autoridad competente

(...)

Categoría 2: Actividades de Extracción y Cultivo Marino Costeras y Continentales

Sub Categoría C1. Extracción y cultivo de moluscos bivalvos en aguas marino costeras

(...)

Sub Categoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

(...)

Sub Categoría C3. Otras Actividades en aguas marino costeras

Entiéndase a las aguas destinadas para actividades diferentes a las precisadas en las subcategorías C1 y C2, tales como infraestructura marina portuaria, de actividades industriales y de servicios de saneamiento.

Sub Categoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase a los cuerpos de agua destinadas a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales

Subcategoría D1: Vegetales de Tallo Bajo y Alto.

Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, frecuentemente de porte herbáceo y de poca longitud de tallo (tallo bajo), tales como plantas de ajo, lechuga, fresa, col, repollo, apio, arvejas y similares) y de plantas de porte arbustivo o arbóreo (tallo alto), tales como árboles forestales, frutales, entre otros.

Sub Categoría D2: Bebida de Animales.

(...)

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

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

(...)

Sub Categoría E1: Lagunas y Lagos

Comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua, de origen y estado natural y léntico incluyendo humedales.

Sub Categoría E2: Ríos

(...)

Sub Categoría E3: Ecosistemas Marino Costeros

(...)

Marino.- Entiéndase como zona del mar comprendida desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.*

(...)

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los diecinueve días del mes de diciembre del año dos mil quince.

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente de la República

JUAN MANUEL BENITES RAMOS
Ministro de Agricultura y Riego

MANUEL PULGAR-VIDAL OTALORA
Ministro del Ambiente

ROSA MARÍA ORTIZ RÍOS
Ministra de Energía y Minas

ANÍBAL VELÁSQUEZ VALDIVIA
Ministro de Salud

TABLA N° 01.- PARÁMETROS Y VALORES CONSOLIDADOS.

CATEGORÍA 1 - A

PARÁMETRO	UNID	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		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

FÍSICOS - QUÍMICOS

Aceites y grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (p)	Unidad de Color verdadero escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 500	**
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 antropico	Ausencia de Material Flotante de origen antropico	Ausencia de Material Flotante de origen antropico
Nitratos (NO ₃)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂)	mg/L	3	3	**
Amoníaco- 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

El Peruano / Sábado 19 de diciembre de 2015		NORMAS LEGALES			569079
PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			
		A1	A2	A3	
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado	
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	**	**	
Níquel	mg/L	0,07	**	**	
Ploomo	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					
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES					
Hidrocarburos de petróleo emulsionado o disueltos (C10 - C28 y mayores a C28)	mg/L	0,01	0,2	1,0	
Trihalometanos	(c)	1,0	1,0	1,0	
Bromoforno	mg/L	0,1	**	**	
Cloroforno	mg/L	0,3	**	**	
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**	
Bromodiorometano	mg/L	0,05	**	**	
Compuestos Orgánicos 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	0,0005	0,0005	**	
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**	
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**	
PARÁMETRO					
UND					
Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable					
A1					
A2					
A3					
Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección					
Aguas que pueden potabilizadas con tratamiento convencional					
Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado					
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					
Benz(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	**	
DDT	mg/L	0,001	0,001	**	
Endrin	mg/L	0,0005	0,0005	**	
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	Retirado	
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**	
Carbamatos:					
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**	
Policloros Bifenilos Totales					
PCB's	mg/L	0,0005	0,0005	**	
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS					
Coliformes Totales (35-37°C)	NMPY100 ml	50	5 000	50 000	
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMPY100 ml	20	2 000	20 000	
Formas parasitarias	N° Organismos/L	0	**	**	
Escherichia coli	NMPY100 ml	0	**	**	
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**	
Vibrio cholerae	Presencia/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios evolutivos) (d)	N° Organismos/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) 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 (Bromoforno, Cloroforno, Dibromoclorometano y Bromodiorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

569080

NORMAS LEGALES

Sábado 19 de diciembre de 2015 / El Peruano

$$\frac{\text{Cloroformo} + \text{Cáloroclorometano} + \text{Cromadiorometano} + \text{Cromoformo}}{\text{ECAcloroformo} + \text{ECAcloroclorometano} + \text{ECAcloradiorometano} + \text{ECAcromoformo}} \leq 1$$

Dónde:

C = Concentración en mg/L y

ECA: Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodiorometano)

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

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

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

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

CATEGORÍA 1 - B

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
FÍSICOS - QUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO 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 (NO ₃ ⁻)	mg/L	10	**
Nitritos (NO ₂ ⁻)	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	**
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	**
Niquel	mg/L	0,02	**

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	1000	4 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	200	1 000
Escherichia coli	E.coli/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	N° Organismo/L	0	**
Giardia duodenalis	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
Salmonella sp	Presencia/100 ml	0	0
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

- UNT : Unidad Nefelométrica de Turbiedad
- NMP/100 ml : Número más probable en 100 ml
- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

CATEGORÍA 2

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 2			
		AGUA DE MAR			AGUA CONTINENTAL
		Sub Categoría 1 (C1)	Sub Categoría 2 (C2)	Sub Categoría 3 (C3)	Sub Categoría 4 (C4)
		Extracción y Cultivo de Moluscos	Extracción y cultivo De otras Especies Hidrobiológicas	Otras Actividades	Extracción y cultivo De otras Especies Hidrobiológicas
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)	Unidad de 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 ⁻)	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 Suspendedos Totales	mg/L	80	60	70	**

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 2			
		AGUA DE MAR			AGUA CONTINENTAL
		Sub Categoría 1 (C1)	Sub Categoría 2 (C2)	Sub Categoría 3 (C3)	Sub Categoría 4 (C4)
		Extracción y Cultivo de Moluscos	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas	Otras Actividades	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoníaco	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,54	0,54	0,54	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos de Petróleo Totales (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
ORGANOLÉPTICO					
Hidrocarburos de petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES					
(PCB's)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes (H4,5°C)	NMP/100 ml	≤14 (Área Aprobada)(c)	≤30	1 000	200
	NMP/100 mL	*≤88 (Área restringida)(c)			

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

(b) Después de la filtración simple.

(c) **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.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

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

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

(1) Nitrógeno Amoniacal para Aguas Dulce :

Estándar de calidad de concentración del nitrógeno amoniacal en diferente pH y temperatura para la protección de la vida acuática (mg/L de NH₃)

Temp (°C)	pH							
	6.0	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	0.25	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: Las mediciones de amoníaco total en el medio ambiente acuático a menudo se expresan en mg / L de amoníaco total -N. Los actuales valores de referencia (mg / L de NH₃) se pueden convertir a mg/L de amoníaco total - N multiplicando el valor de referencia correspondiente por 0.8224. No recomendado pauta para las aguas marinas

CATEGORÍA 3

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
FÍSICOS - QUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cloruro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (t)	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	**
Nitritos (NO ₂ -N) + Nitros (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	1000	1000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobre	mg/l	0,2	0,5
Cobalto	mg/l	0,05	1
Cromo Total	mg/l	0,1	1
Hierro	mg/l	5	**
Litio	mg/l	2,5	2,5
Magnesio	mg/l	**	250
Manganeso	mg/l	0,2	0,2
Mercurio	mg/l	0,001	0,01
Níquel	mg/l	0,2	1
Plomo	mg/l	0,05	0,05
Selenio	mg/l	0,02	0,05

8.7. ANEXO VII: Normas y Estándares de Calidad Ambiental


**Canadian Sediment Quality
Guidelines for the Protection
of Aquatic Life**
**SUMMARY
TABLES**
Table 1. Interim freshwater sediment quality guidelines (ISQGs; dry weight), probable effect levels (PELs; dry weight), and incidence (%) of adverse biological effects in concentration ranges defined by these values.

Substance	ISQG	PEL	% ≤ ISQG	ISQG < % < PEL	% ≥ PEL
Acenaphthene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Acenaphthylene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Anthracene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Aroclor 1254 [See Polychlorinated biphenyls (PCBs)]					
Arsenic	5.9 mg·kg ⁻¹	17.0 mg·kg ⁻¹	5	25	12
Benz(a)anthracene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Benzo(a)pyrene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Cadmium	0.6 mg·kg ⁻¹	3.5 mg·kg ⁻¹	11	12	47
Chlordane	4.50 µg·kg ⁻¹	8.87 µg·kg ⁻¹	2	17	70
Chromium	37.3 mg·kg ⁻¹	90.0 mg·kg ⁻¹	2	19	49
Chrysene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Copper	35.7 mg·kg ⁻¹	197 mg·kg ⁻¹	4	38	44
DDTs					
DDD [†] (2,2-Bis(p-chlorophenyl)-1,1,-dichloroethane; Dichloro diphenyl dichloroethane)	3.54 µg·kg ⁻¹	8.51 µg·kg ⁻¹	3	30	85
DDE [†] (1,1-Dichloro-2,2,bis(p-chlorophenyl)-ethene; Diphenyl dichloro ethylene)	1.42 µg·kg ⁻¹	6.75 µg·kg ⁻¹	6	20	47
DDT [†] (2,2-Bis(p-chlorophenyl)-1,1,1-trichloroethane; Dichloro diphenyl trichloroethane)	1.19 µg·kg ⁻¹ ‡	4.77 µg·kg ⁻¹ §	8	5	59
Dibenz(a,h)anthracene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Dieldrin	2.85 µg·kg ⁻¹	6.67 µg·kg ⁻¹	1	10	60
Endrin	2.67 µg·kg ⁻¹	62.4 µg·kg ⁻¹	1	64	59
Fluoranthene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Fluorene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					

Continued.

Canadian Environmental Quality Guidelines
Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999, updated 2001

SUMMARY TABLES

Canadian Sediment Quality Guidelines
for the Protection of Aquatic Life

Table 1. Continued.

Substance	ISQG	PEL	% \leq ISQG	ISQG < % < PEL	% \geq PEL
Heptachlor epoxide	0.60 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	2.74 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	3	12	67
Hexachlorocyclohexane [See Lindane]					
Lead	35.0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	91.3 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	5	23	42
Lindane (Hexachlorocyclohexane)	0.94 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	1.38 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	0	50	49
Mercury	0.17 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0.486 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	8	34	36
2-Methylnaphthalene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Naphthalene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
PAHs [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
PCBs [See Polychlorinated biphenyls (PCBs)]					
PCDD/Fs [see Polychlorinated dibenzo- <i>p</i> -dioxins and polychlorinated dibenzofurans]					
Phenanthrene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Polychlorinated biphenyls (PCBs)					
Aroclor 1254	60 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\#$	340 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\#\#$			
Total PCBs	34.1 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	277 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	4	40	50
Polychlorinated dibenzo- <i>p</i> -dioxins and polychlorinated dibenzofurans	0.85 $\text{ng}\cdot\text{TEQ}/\text{kg dw}^{\#\#}$	21.5 $\text{ng}\cdot\text{TEQ}/\text{kg dw}^{\#\#}$	0 $\#\#$	24 $\#\#$	46 $\#\#$
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)					
Acenaphthene	6.71 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\ddagger$	88.9 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\S$			
Acenaphthylene	5.87 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\ddagger$	128 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\S$			
Anthracene	46.9 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\ddagger$	245 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\S$			
Benz(<i>a</i>)anthracene	31.7 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	385 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	13	6	38
Benzo(<i>a</i>)pyrene	31.9 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	782 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	11	16	30
Chrysene	57.1 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	862 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	8	14	25
Dibenz(<i>a,h</i>)anthracene	6.22 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\ddagger$	135 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\S$			
Fluoranthene	111 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	2355 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	8	23	49
Fluorene	21.2 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\ddagger$	144 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\S$			
2-Methylnaphthalene	20.2 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\ddagger$	201 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\S$			
Naphthalene	34.6 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\ddagger$	391 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\S$			
Phenanthrene	41.9 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	515 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	4	17	44
Pyrene	53.0 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	875 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	7	16	32
Pyrene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)]					
Toxaphene	0.1 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\#\#$	— $\#\#$			
Zinc	123 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	315 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	5	32	36

Δ ISQGs and PELs presented here have been calculated using a modification of the NSTP approach (CCME 1995).

\dagger Sum of *p,p'* and *o,p'* isomers.

\ddagger Provisional; adoption of marine ISQG.

\S Provisional; adoption of marine PEL.

$\#$ Provisional; adoption of lowest effect level from Ontario (Persaud et al. 1993).

$\#\#$ Provisional; 1% TOC; adoption of severe effect level of 34 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ TOC from Ontario (Persaud et al. 1993).

$\#\#\#$ Provisional; 1% TOC; adoption of the chronic sediment quality criterion of 0.01 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ TOC of the New York State Department of Environmental Conservation (NYSDEC 1994).

$\#\#\#$ No PEL derived.

$\#\#\#$ Values are expressed as toxic equivalency (TEQ) units, based on WHO 1998 TEF values for fish.

$\#\#\#$ Note that the incidence of adverse biological effects below the TEL, between the TEL and PEL, and above the PEL were 22%, 24% and 65%, respectively, prior to the application of a safety factor.

8.8.ANEXO VIII: Panel fotográfico



Fig. N°16: Relaves mineros de Samne – Otuzco



Fig. N°17: Curso de Agua del Rio Moche en la zona de influencia del Relave minero en Samne – Otuzco



Fig. N°18: Plantaciones de *Ananas comosus* (piña) aledañas al relave minero de Samne – Otuzco.



Fig. N°19: Pobladores cultivando la *Ananas comosus* cerca del relave minero de Samne – Otuzco.



Fig. N°20: Acotación de los puntos de muestreo cada 20 metros para el sedimento y agua superficial.

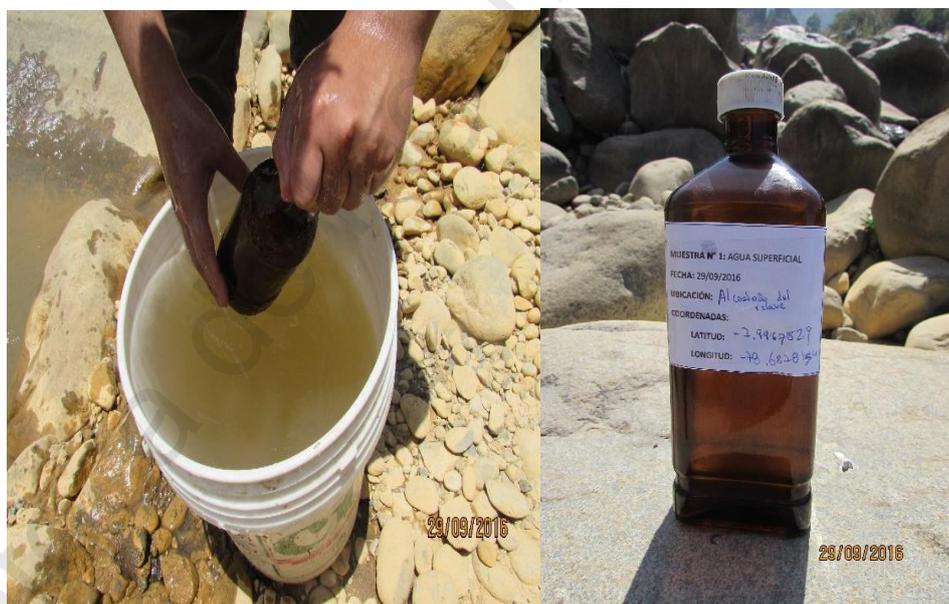


Fig. N°21: Método de muestreo del agua superficial de la Cuenca del Río Moche (*izquierda*), Muestra de agua superficial (*derecha*).



Fig. N°22: Método de muestreo de sedimento del Río Moche (izquierda), muestra de sedimento del Río Moche (derecha).



Fig. N°23: Método de muestreo de sedimento del Río Moche (izquierda), muestra de sedimento del Río Moche (derecha).



Fig. N°24: Separación de los órganos de la *Ananas Comosus*, pulpa, tallo, raíz y cáscara (*izquierda*), Método de cuarto para la extracción de la muestra de cada parte de la *Ananas Comosus* (*derecha*).



Fig. N°25: Método para determinar el porcentaje de humedad, peso de las muestras en húmedo (*izquierda*), muestras puestas a la estufa a 150°C por 24horas (*derecha*).

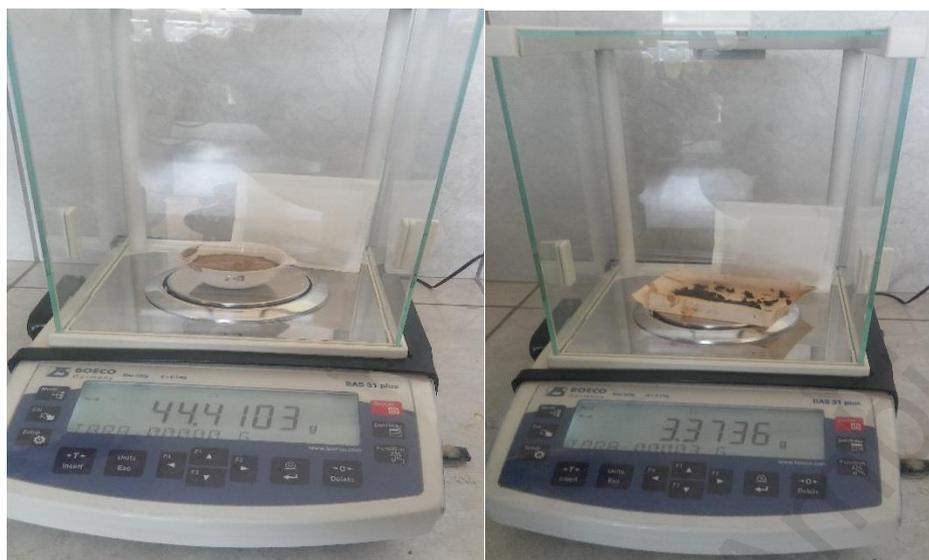


Fig. N°26: Peso de la muestra de sedimento luego se secarla en la estufa (*izquierda*),
Peso de la muestra de *Ananas comosus* luego se secarla en la estufa (*derecha*).



Fig. N°27: Disolución de las muestras con Ácido Nítrico (*izquierda*),
Digestión de las muestras a 105°C por 2 horas (*derecha*).



Fig. N°28: Filtración de las muestras

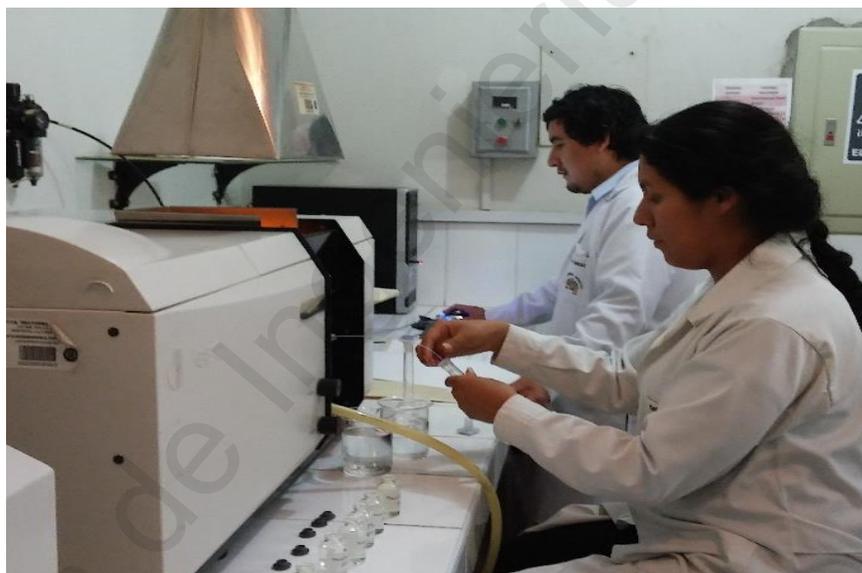


Fig. N°29: Análisis de las muestras en el Equipo Espectrofotómetro de Absorción Atómica.