



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TÉSIS

**REMEDIACIÓN DE SUELOS Y FLORA DEGRADADOS AL
CONTORNO DE LA LAGUNA DE YANAMATE AFECTADOS
POR LAS AGUAS ACIDAS PROVENIENTES DE LA UNIDAD
ADMINISTRATIVA CERRO SAC DE VOLCÁN COMPAÑÍA
MINERA S.A.A.-2018**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER
Luz Mery REQUIN RICRA**

**LIMA – PERÚ
2019**

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico a las personas más importantes en mi vida mi madre e hija, que sin su ayuda y respaldo no lo hubiera conseguido, gracias a ustedes por ser mi fuerza cuando flaqueaba y alentarme con sus palabras y abrazos les estaré eternamente agradecida y seguiré luchando por ustedes

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis me gustaría agradecer a Dios por bendecirme para llegar donde he llegado, por hacer realidad este sueño. A la Universidad Alas Peruanas por darme la oportunidad de ser profesional.

A mi Asesor, por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado pueda terminar mis estudios con éxito.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE GRAFICOS	IX
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	X
ÍNDICE DE MAPAS	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 CARACTERIZACIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.2.1 Problema General:	2
1.2.2 Problema Específicos:.....	2
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1 Objetivo General:	3
1.3.2 Objetivos Específicos:.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.5 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.6 LIMITACIONES	4
CAPÍTULO II	5
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.1 MARCO REFERENCIAL	6
2.1.1 Antecedentes de la investigación.....	6
2.2 MARCO LEGAL	9
2.2.1 Ley que regulan las actividades de remediación en minería son:	9
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	10
2.4 MARCO TEÓRICO	11
2.4.6.1 Actividades de Monitoreo	16
A. Trabajo de pre Campo	16
B. Trabajo de Campo.....	17
C. Toma de Muestras por Parámetro	18

D.	Preservación de las muestras de agua:	21
E.	Identificación de las muestras de agua:.....	21
F.	Marco Legal para Actividades de Monitoreo de Agua y Suelo	21
CAPÍTULO III.....		25
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO		25
3.1	METODOLOGÍA.....	26
3.1.1	METODO	26
A.	Ubicación geográfica.....	26
B.	Actividades Experimentales.....	27
C.	Procedimiento analítico.....	27
3.1.2	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.1.3	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.3	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.3.1	Hipótesis General	28
3.3.2	Hipótesis Específicas	28
3.4	VARIABLES	29
3.4.1	Variable Independiente.....	29
3.4.2	Variable Dependiente.....	29
3.5	COBERTURA DEL ESTUDIO	29
3.5.1	Población.....	29
3.5.2	Muestra.....	29
3.6	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	29
3.6.1	Técnicas de la investigación.....	29
3.6.2	Instrumentos de la investigación.....	30
3.6.3	Fuentes.....	30
3.7	PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN.....	30
3.7.1	Estadísticos.....	30
3.7.2	Representación.....	31
3.7.3	Técnica de comprobación de la hipótesis	31
CAPÍTULO IV		32
ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS		32
4.1	UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO	33
4.2	Resultados	37
4.2.1	Resultados de Calidad de Aguas de la Laguna de Yanamate	38
A.	Resultados de los Parámetros Físicos del Agua de la Laguna Yanamate	38

B.	Resultados de los Parámetros Químicos del Agua de la Laguna Yanamate	40
	
B.1.	Parámetro Sólidos Disueltos Totales	40
B.2.	Parámetro Metales Totales	42
4.2.2	Resultados de Calidad de Suelo al Contorno de la Laguna de Yanamate Inicial y Final	50
4.2.3	Resultados de Ensayo de Remediación de Suelo con Especie de Flora	55
A.	Apertura y Delimitación de Área de Experimento	55
B.	Cuidados y Mantenimiento de la especie sembrada - Planta Ichu (Stipa ichu)	58
C.	Monitoreo de Crecimiento de la Especie Planta Ichu (Stipa ichu)	59
4.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
4.4	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	62
	CONCLUSIONES	63
	RECOMENDACIONES	65
	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	66
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº 1: Ubicación Geográficas de los Puntos de Monitoreo	34
Tabla Nº 2: Resultado de los Parámetros Físicos	38
Tabla Nº 3: Resultado del Parámetro Sólidos Disueltos Totales	40
Tabla Nº 4: Resultado del Parámetro Metales Totales	42
Tabla Nº 5: Resultados de los Parámetros Físicos-Suelo Contorno de la Laguna de Yanamate	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Modelo de remediación de zonas degradadas	15
Figura N° 02: ECA Para Lagos y Lagunas Categoría 4	23
Figura N° 03: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo	24
Figura N° 04: Determinación del Nivel de Confianza de la Investigación	31

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico N° 01: Resultado del Parámetro pH	38
Gráfico N° 02: Resultado del Parámetro Conductividad Eléctrica	39
Gráfico N° 03: Resultado del Parámetro Sólidos Disueltos Totales	41
Gráfico N° 04: Presencia de Fosforo en la Laguna de Yanamate	45
Gráfico N° 05: Presencia de Cromo en la Laguna de Yanamate	45
Gráfico N° 06: Presencia de Niquel en la Laguna de Yanamate	46
Gráfico N° 07: Presencia de Zinc en la Laguna de Yanamate	46
Gráfico N° 08: Presencia de Arsénico en la Laguna de Yanamate	47
Gráfico N° 09: Presencia de Mercurio en la Laguna de Yanamate	47
Gráfico N° 10: Presencia de Plomo en la Laguna de Yanamate	48
Gráfico N° 11: Presencia de Arsénico en Suelo Laguna de Yanamate	52
Gráfico N° 12: Presencia de Cadmio en Suelo- Laguna de Yanamate	52
Gráfico N° 13: Presencia de Hierro en Suelo- Laguna de Yanamate	53
Gráfico N° 14: Presencia de Plomo en Suelo- Laguna de Yanamate	53
Gráfico N° 15: Presencia de Zinc en Suelo- Laguna de Yanamate	54

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 01: Ubicación de la Laguna de Yanamate	26
Imagen N° 02: Monitoreo de Agua	36
Imagen N° 03: Monitoreo de Suelo	36
Imagen N° 04: Muestras Recolectados	37
Imagen N° 05: Monitoreo de Parámetros Físicos 1	40
Imagen N° 06: Monitoreo de Parámetros Físicos 2	57
Imagen N° 07: Monitoreo de Parámetros Físicos 3	58
Imagen N° 08: Riego de la Planta Ichu (<i>Stipa ichu</i>)	58
Imagen N° 09: Control de Crecimiento de la Planta Ichu (<i>Stipa ichu</i>) 1	60
Imagen N° 10: Control de Crecimiento de la Planta Ichu (<i>Stipa ichu</i>) 2	60

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa N° 01: Ubicación de los Punto de Monitoreo en la Laguna de Yanamate	35
---	----

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado **“REMEDIACIÓN DE SUELOS Y FLORA DEGRADADOS AL CONTORNO DE LA LAGUNA DE YANAMATE AFECTADOS POR LAS AGUAS ACIDAS PROVENIENTES DE LA UNIDAD ADMINISTRATIVA CERRO SAC DE VOLCÁN COMPAÑÍA MINERA S.A.A.-2018,** con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. tiene como objetivo “Plantear la remediación de los suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.”

El desarrollo de la investigación en primer lugar se evaluó la calidad de agua y suelo presente en la laguna de Yanamate a fin de determinar la especie a proponer en los ensayos de adaptación en este suelo alterado o degradado por las aguas ácidas teniendo buenos resultados. La calidad de agua no cumple los Estándares de Calidad Ambiental como Categoría 4 para (Lagos y Lagunas), ya que en el punto P-1 el pH es de 2.34 y en el punto P-2 el pH es de 2.68, asimismo se muestra alta conductividad que se presenta en el punto P-1 la CE es de 1234 uS/cm y en el punto P-2 el pH es de 1563 uS/cm, estos resultados representan la presencia alta de metales totales en las aguas de la laguna de Yanamate. Por otro lado, los metales totales en los dos puntos de monitoreo no cumple con las ECA para categoría 4 en los metales totales representativos como se pudo ver para los casos del Cromo, Níquel, Zinc, Arsénico, Mercurio y Plomo. La calidad de suelo de igual forma que el agua en la gran mayoría de los metales representativos no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo como son el caso del Arsénico, Cadmio y Plomo, más aún para el caso del Zinc y Hierro según el ECA suelo no

está regulado, pero se encuentra en altas concentraciones para el caso del Zinc se encuentra en 5000 mg/kg, y el Hierro se encuentra en 20000 mg/kg.

Estos resultados representan que es imposible que alguna especie de flora pueda adaptarse a este medio con alta presencia de metales, y alta acidez, para ello se investigó que especie podría adaptarse y se pudo identificar una especie oriunda que existe en esta zona de la investigación que es la especie de la familia Poaceae, cuyo nombre común es "ichu" (*Stipa ichu*). Del ensayo en campo con esta especie se pudo identificar en los 5 meses de ensayo y a la fecha esta especie presenta la adaptación a esta zona degradada y por el clima frígido e inclusive con nevada se adaptó.

Palabras claves: *Suelos y flora degradados, Laguna de Yanamate, Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Ichu (Stipa Ichu)*

ABSTRACT

The present work of investigation named " REMEDIATION OF SOILS AND FLORA DEGRADED TO THE CONTOUR OF YANAMATE'S LAGOON AFFECTED BY THE ACID WATERS FROM THE ADMINISTRATIVE UNIT HILL SAC OF VOLCANO MINING COMPANY S.A.A.-2018, with the purpose of choosing the Professional Title of Environmental Engineer. It takes it as an aim " Considers remedying of the soils and flora degraded to the contour of Yanamate's lagoon affected by the acid waters from the administrative unit Hill SAC of Volcano Mining Company S.A.A. "

The development of the investigation first evaluated the quality of water and present soil in Yanamate's lagoon in order to determine the species to propose in the tests of adjustment in this soil upset or degraded by the acid waters having good results. The water quality does not fulfill the Standards of Environmental Quality as Category 4 for (Lagos and Lagoons), since in the point P-1 the pH is of 2.34 and in the point P-2 the pH is of 2.68, likewise there appears high conductivity that one presents in the point P-1 the CE is of 1234 uS/cm and in the point P-2 the pH is of 1563 uS/cm, these results it represents the high presence of total metals in the waters of Yanamate's lagoon. On the other hand, the total metals in both points of monitoring it does not expire with the ECA for category 4 in the total representative metals like it could see for the cases of the Chrome, Nickel, Zinc, Arsenic, Mercury and Lead. The quality of soil of equal form that the water in the great majority of the representative metals they do not fulfill with the Standards of Environmental Quality for Soil since are the case of the Arsenic, Cadmium and Lead, more even for the case of the Zinc

and Iron according to the ECA soil is not regulated but he is in high concentrations for the case of the Zinc is in 5000 mg/kg, and the Iron is in 20000 mg/kg.

These results represent that it is impossible that some species of flora could adapt to this way with discharge presence of metals, and high acidity, for it there was investigated that species might he was adapting and it was possible to identify a native species that exists in this zone of the investigation that is the species of the family Poaceae, whose common name is "ichu" (*Stipa ichu*). Of the test in field with this species it was possible to identify in 5 months of test and to the date this species presents the adjustment to this degraded zone and for the frigid climate and inclusive with snowfall he adapted.

Keywords: Soils and flora degraded, Yanamate's Lagoon, Standards of Environmental Quality (ECA), Ichu (*Stipa Ichu*)

INTRODUCCIÓN

La Laguna Yanamate ha venido siendo utilizada para el vertimiento de aguas ácidas provenientes de la unidad de producción Cerro de Pasco desde 1981. Las aguas ácidas son bombeadas desde la estación de bombeo ubicada en la planta de extracción por solventes y electrodeposición de la Empresa Minera Cerro SAC hacia la Laguna Yanamate, conducidas a través de dos tuberías de acero inoxidable, las cuales descargan en el lado oeste de la laguna.

El presente trabajo de investigación servirá como punto de partida para el inicio de la recuperación del suelo y flora degradados de la laguna de Yanamate, ya que en esta investigación se planteará la forma como se recuperará estos suelos y flora lo cual permitirá a posterior el uso de estos terrenos para pastoreo como se venía realizando en la antigüedad por los pobladores de esta jurisdicción.

La investigación está desarrollada en cuatro capítulos, estos capítulos está determinada de la siguiente manera: Capítulo I: Planteamiento del Problema, Capítulo II: Fundamentos Teóricos de la Investigación, Capítulo III: Metodología y el Capítulo IV: Organización, Presentación y Análisis de Resultados.

La Autora.

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 CARACTERIZACIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La Laguna Yanamate ha venido siendo utilizada para el vertimiento de aguas ácidas provenientes de la unidad de producción Cerro de Pasco desde 1981. Las aguas ácidas se componen del refinado generado en la planta de extracción por solventes, así como del agua excedentes de interior mina. Las aguas ácidas son bombeadas desde la estación de bombeo ubicada en la planta de extracción por solventes y electrodeposición de la Empresa Minera Cerro SAC hacia la Laguna Yanamate, conducidas a través de dos tuberías de acero inoxidable, las cuales descargan en el lado oeste de la laguna. Debido a la elevación del nivel de agua ocasionado por el vertimiento de aguas ácidas en la Laguna Yanamate, ésta se ha unido con la Laguna Huaygacocha, formando un solo cuerpo de agua superficial.

Antiguamente los alrededores de la laguna Yanamate vivía un mínimo de poblaciones y estas áreas de los alrededores de la laguna lo utilizaban para la agricultura, la ganadería y específicamente abundaba el ganado ovino, esta actividad fue desapareciendo mientras aumentaba el nivel de agua de la laguna Yanamate, al aumentar el nivel del agua llegó a afectar estas áreas de pastos y viviendas rústicas, viéndose la población obligada a migrar por su bienestar, y hasta la actualidad estos terreros quedaron afectados sin presencia de vida alguna.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 Problema General:

¿Cómo remediar los suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas ácidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.?

1.2.2 Problema Específicos:

¿Qué característica presenta los suelos degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas ácidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.?

¿Qué materiales y flora se podrá utilizar para la recuperación suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo General:

Plantear la remediar de los suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.

1.3.2 Objetivos Específicos:

Determinar las características que presenta los suelos degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.

Fundamentar los materiales y flora que se podrá utilizar para la recuperación suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación servirá como punto de partida para el inicio de la recuperación del suelo y flora degradados de la laguna de Yanamate, ya que en esta investigación se planteará la forma como se recuperará estos suelos y flora lo cual permitirá a posterior el uso de estos terrenos para pastoreo como se venía realizando en la antigüedad por los pobladores de esta jurisdicción.

1.5 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación será muy valiosa y de gran importancia ya que daremos a conocer la forma de cómo se puede remediar los suelos y flora degradados en la laguna de Yanamate, y por lo tanto como lograr el objetivo que elimina los impactos ambientales negativos generados por la minería, asimismo

esta información será valiosa para la población circundante a la zona de la remediación, al estado peruano y a los profesionales que están involucrados en este tema.

1.6 LIMITACIONES

- Los análisis de suelo y agua, ya que tienen altos costos monetarios.
- Poca información de este modelo de impacto de suelos y flora y su remediación.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 MARCO REFERENCIAL

Para la presente investigación tenemos 2 antecedentes nacionales y una internacional donde se detalla a continuación:

2.1.1 Antecedentes de la investigación

A Nivel Internacional destacan:

R. Millán, R.O. Carpena, T. Schmid, M.J. Sierra, E. Moreno, J. Peñalosa, R. Gamarra, E. Esteban (2007) en su estudio Rehabilitación de suelos contaminados con mercurio: estrategias aplicables en el área de Almadén- España.

La comarca de Almadén ha estado marcada por la actividad minera de extracción de Hg desde hace más de 2.000 años. En la actualidad, el cierre de las minas plantea la necesidad de un cambio de uso del suelo para mantener la actividad económica de la zona. Este trabajo resume las distintas estrategias estudiadas para la rehabilitación y propuesta de usos alternativos de los suelos contaminados. En primer lugar, se realizó una caracterización edafológica y botánica de la zona, un estudio del grado de contaminación de los suelos, y una selección de especies silvestres con resistencia al mercurio. En paralelo, se realizaron ensayos en condiciones controladas con suelos procedentes de la zona, utilizando también especies agrícolas. Tanto en las plantas silvestres como en las cultivadas se evaluó el factor de transferencia de Hg. Para definir el grado de contaminación, fue necesario evaluar la biodisponibilidad de Hg en los suelos. En cuanto a los cultivos, tanto la berenjena de Almagro como varias legumbres (lenteja, garbanzo, altramuza) pueden consumirse sin alcanzar los niveles máximos permitidos de ingesta de Hg. Entre las forrajeras, el consumo de veza en verde no se recomienda por alcanzarse valores próximos al límite máximo admitido, aunque la semilla sí podría ser comercializada. Estos cultivos pueden resultar una alternativa económica viable en la zona. Las especies vegetales silvestres estudiadas pueden emplearse en fitoestabilización y

revegetación de las zonas más degradadas de Almadén, aunque no en fitoextracción.

José Luis Saiz Díaz, Felipe Macías Vázquez, Antonio José López Fernández, Carlos Juan Ceacero Ruiz (2010) en su estudio recuperación de suelos e integración paisajística en áreas degradadas por explotaciones mineras en la faja pirítica andaluza- España.

Los residuos mineros procedentes de la minería de pirita, han generado un serio problema ambiental desde la antigüedad en la Cuenca Minera Onubense. La acidificación de suelos, la presencia de elementos tóxicos y los drenajes de aguas ácidas de mina, son los principales factores en los que se debe incidir. El objeto de este estudio, consistió en establecer los niveles de referencia de los suelos para su posterior reforestación, identificando el método más adecuado para el cálculo de las enmiendas correctoras del suelo y ensayando los materiales de préstamo más efectivos de entre los seleccionados (cenizas de la industria de celulosa, espumas de la industria azucarera y compost de depuradora). Finalmente, se analizó la resistencia a este tipo de ambientes extremos de tres de las especies presentes en el entorno minero (*Pinus pinea*, *Pinus pinaster* y *Cistus ladanifer*), determinándose los umbrales de fitotoxicidad para cada una de ellas. El pH fue un factor determinante para la explicación de la respuesta de la vegetación, observándose tres rangos diferenciales. Palabras clave: enmiendas correctoras, respuesta acido-base, elemento traza, respuesta vegetación, fitotoxicidad.

A Nivel Nacional destacan:

Alejandro L. Cortijo (2018) Remediación de suelos de minas: La Zanja, Perú.

El cierre de la mina de La Zanja en Perú es un ejemplo del **uso de tecnosoles para la remediación de suelos de minas** después de la explotación. Dentro de las fases de explotación de una mina, la más importante para las comunidades próximas es la que sucede una vez se ha completado el ciclo de extracción de los minerales. Generalmente, la

zona termina en suelos con alta concentración de metales pesados, resultado de las técnicas de extracción y de los residuos propios de la actividad minera.

Para el cierre de la mina y la reparación del suelo se ha escogido la solución de los **tecnosoles**. Se trata de una tecnología de suelos generados de manera artificial a partir de diversos residuos. En el caso concreto de La Zanja se ha tomado como alternativa a la impermeabilización de suelos con arcilla, de manera que se aportaban dos soluciones:

Menor coste de remediación al no tener que traer la arcilla desde más de 100 kms. de distancia.

Una solución más natural, que permite una recuperación orgánica de la zona más equilibrada.

Para el tratamiento de los residuos se están acumulando en una zona especial, la cual se está cubriendo con tres tipos de tecnosoles, **en función de las características de cada residuo**. Al crearse de manera específica para este terreno, los tecnosoles se han diseñado, además, con un compuesto que permite el desarrollo de especies vegetales en el propio suelo una vez tratado. Al trabajar con el agua de la lluvia, que se va filtrando por los suelos artificiales, se reduce también el consumo de agua para el cierre de la mina.

Enoc Jara-Peña, José Gómez, Haydeé Montoya, Magda Chanco, Mauro Mariano y Noema Cano en su estudio Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados.

La fitorremediación consiste en el uso de plantas para remediar in situ suelos, sedimentos, agua y aire contaminados por desechos orgánicos, nutrientes o metales pesados, eliminando los contaminantes del ambiente o haciéndolos inocuos. El trabajo fue realizado en condiciones de invernadero en el distrito de Lachaqui, provincia de Canta, región Lima, de octubre de 2011 a octubre de 2012. Fueron evaluados veinte tratamientos con un diseño factorial completo 5 x 4: 5 especies alto

andinas, y 4 sustratos con 30%, 60%,100% de relave de mina (RM) y suelo sin RM. La producción de biomasa disminuyó significativamente en *Solanum nitidum*, *Brassica rapa*, *Fuertesimalva echinata* y *Urtica urens* y *Lupinus ballianus*, con el tratamiento de 100% de relave de mina. La mayor eficiencia de acumulación de plomo y zinc fue obtenida en las raíces de *Fuertesimalva echinata* con el tratamiento de 100% de relave de mina, obteniendo 2015.1 mg de plomo kg⁻¹ MS y 1024.2 mg de zinc kg⁻¹ MS. En las raíces de *L. ballianus* fue obtenida la más alta acumulación de cadmio, con una concentración de 287.3 mg kg⁻¹ MS con el tratamiento de 100% de relave de mina. *Fuertesimalva echinata* presentó el mayor índice de tolerancia (IT) al tratamiento de 100% de relave de mina, con un IT de 41.5%, pero, *S. nitidum* y *L. ballianus* presentaron el mayor IT al tratamiento de 60% de relave de mina con IT de 68.5% y 67.9.

2.2 MARCO LEGAL

2.2.1 Ley que regulan las actividades de remediación en minería son:

- ✓ Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera (Ley N° 28271, de julio del 2004), y sus modificatorias (Ley N° 28526, de mayo del 2005; y D.L. N° 1042, de junio del 2008).
- ✓ El Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera (D.S. N° 059-2005-EM, de diciembre del 2005) y su modificatoria (D.S. N° 003-2009-EM, de enero del 2009). En adelante llamado el Reglamento.
- ✓ El Decreto Legislativo N° 1042 modificó y adicionó diversos artículos a la Ley N° 28271, con el fin de posibilitar una mayor variedad de modalidades de participación de terceros en la remediación de pasivos ambientales, establecer incentivos para su identificación y remediación, y permitir su reutilización, reaprovechamiento y, uso alternativo o turístico.
- ✓ El D.S. N° 003-2009-EM modificó el Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera, adecuando, incorporando y desarrollando en su regulación las disposiciones del Decreto Legislativo N° 1042.

- ✓ Con estas normativas legales se estableció mecanismos para la identificación, la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas impactadas por los pasivos. Así como también la elaboración del Plan de Cierre como instrumento de gestión sujeto a fiscalización y sanción. Asimismo, para las actuales operaciones mineras, en el 2003 – antes de la regulación de los pasivos ambientales mineros- se establecieron normas que regula el cierre de minas a través de:
- ✓ La Ley que Regula el Cierre de Minas(Ley N° 28090) y sus modificatorias(Ley N° 28234 y Ley N° 28507).
- ✓ El Reglamento de Cierre de Minas (D.S. N° 033-2005-EM) y sus modificatorias (D.S. N° 035-2006-EM y D.S. N° 045-2006-EM).

2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1 Remediación:

El conjunto de acciones y medidas adecuadas para el control, reducción o eliminación del riesgo, para la vida o salud de las personas o para el medio ambiente, de un pasivo ambiental minero, hasta un grado tal que el riesgo se reduce a un nivel aceptable y no significativo).

2.3.2 Impacto Ambiental Negativo:

Es el impacto ambiental cuyo efecto se traduce en pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión y demás riesgos ambientales.

2.3.3 Pasivo:

El pasivo consiste en las deudas que la empresa posee, recogidas en el balance de situación, y comprende las obligaciones actuales de la compañía que tienen origen en lo pasado.

2.3.4 Plan de Cierre:

Es un instrumento de gestión ambiental que comprende todas las acciones técnicas y legales requeridas para garantizar el logro de los objetivos de remediación de alguna área con pasivos ambientales mineros.

2.3.5 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.

2.3.6 Suelo contaminado:

Suelo cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana, según lo establecido en el D.S. N° 002-2013-MINAM.

2.4 MARCO TEÓRICO

2.4.1 Remediación o Cierre

El cierre es la ejecución de las actividades contempladas en el Plan de Cierre Aprobado por el Ministerio de Energía y Minas para cumplir con los objetivos ambientales y sociales específicos. El cierre comprende el desarrollo de actividades tales como: diseños de ingeniería requeridos para el desmantelamiento; demoliciones; estudios in-situ para la disposición final y/o el rescate de materiales; estabilización física, geoquímica e hidrológica; restablecimiento de la forma del terreno; revegetación; rehabilitación de hábitats acuáticos; rehabilitación de las áreas de préstamo; provisiones para brindar servicios esenciales a la comunidad; transferencia de propiedad y acceso a las tierras; etc. El cierre es seguido de un programa de mantenimiento, monitoreo y seguimiento post cierre, con la finalidad de medir la efectividad del cierre, el cual debe durar al menos cinco (5) años bajo responsabilidad del titular minero (Art. 45°). En la mayoría de los casos se requerirá cierto cuidado y

mantenimiento para conservar la estabilidad y seguridad del sitio después del cierre. El plan de cierre debe indicar de manera explícita el tipo de cuidado y mantenimiento requerido. En algunos casos puede ser posible que ya no se requiera cuidado y mantenimiento después de cierto período de tiempo¹.

2.4.2 Información que se debe tener en cuenta para el cierre o remediación de Botaderos o área impactada

Proporcionar para cada área un plano, que muestre lo siguiente:

- La extensión del área (en hectáreas) del terreno degradado
- La topografía del área afectada (en coordenadas UTM y elevaciones), incluyendo bancos, caminos de acarreo, etc.; proporcionando suficientes detalles para determinar los ángulos de los taludes.
- Las características actuales de drenaje superficial alrededor del área impactado
- Naturaleza del contaminante, incluyendo gradación, tamaño máximo de partícula, densidad y alcance de la intemperización y degradación.

Proporcionar los siguientes datos geoquímicos (sustentados por los correspondientes informes de laboratorio):

- Lixiviación de metales y/o potencial de generación de ácido.
- Potencial de neutralización.
- Presencia y naturaleza de contaminantes (e.g. cianuro, mercurio, zinc, etc.).
- Exposición a aguas subterráneas o superficiales.
- Lixiviación de metales y/o generación de drenaje ácido esperada después del cierre².

¹ Guía Para la Elaboración de Planes de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros- Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros- Ministerio de Energía y Minas-2006.

² Guía Para la Elaboración de Planes de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros- Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros- Ministerio de Energía y Minas-2006

2.4.3 Condiciones Actuales del Sitio del Proyecto

2.4.3.1 Medio Ambiente Físico

La información deberá establecer el ambiente físico. Se deberá considerar los siguientes puntos:

Fisiografía: describir las características más importantes del terreno, incluyendo montañas, ríos, lagos, etc. Incluir un mapa con coordenadas UTM y curvas de nivel.

Geología: proporcionar información geológica general, incluyendo una visión general de los recursos minerales y los aspectos geomorfológicos.

Suelos: proporcionar mapas y una descripción de la geología superficial, pedología y edafología (tipos de suelos), así como la capacidad de uso mayor de los suelos en el área del proyecto.

Riesgos naturales: proporcionar información sobre sismología, riesgo sísmico, deslizamientos, inundaciones y otros posibles riesgos. Incluir un mapa de riesgos naturales.

Clima/Meteorología: describir las condiciones climáticas predominantes e identificar las estaciones meteorológicas en el área. La descripción climática deberá incluir información sobre temperatura y datos de precipitación extrema (i.e. intensidad, duración y frecuencia).

Cursos de Agua Superficiales: proporcionar un resumen de las condiciones hidrológicas incluyendo caudales y calidad del agua. Identificar los cuerpos de aguas superficiales afectados, por el proyecto. Identificar los usos de agua superficiales, reales y potenciales, en el área.

Cursos de Agua Subterráneas: proporcionar un resumen de las condiciones hidrogeológicas incluyendo caudales y calidad del agua. Identificar los cuerpos de agua que pudieran verse

afectados, directa o indirectamente, por el proyecto. Identificar los usos de aguas superficiales en el área.

2.4.3.2 Medio Ambiente Biológico

La información establecerá las condiciones biológicas.

Se deberán tratar los siguientes temas:

Regiones y Hábitats Ecológicos: Proporcionar un mapa del área de influencia del proyecto, con una descripción general de las regiones ecológicas y hábitats identificados.

Flora Terrestre: Proporcionar información sobre la cobertura vegetal, clasificación. Especificar los usos del terreno, tales como uso forestal, agrícola u otros si fuera posible.

Fauna Terrestre: Proporcionar información sobre los mamíferos, aves, anfibios y reptiles existentes.

Recursos Hídricos: Proporcionar información sobre los hábitats y organismos bentónicos y peces existentes (abundancia y distribución) en áreas afectadas por el proyecto.

2.4.4 Actividades de Remediación

El objetivo principal de esta sección es describir las actividades de remediación de los pasivos mineros.

2.4.4.1 Estabilidad Física³

Describir las medidas propuestas para estabilizar las áreas degradadas y de lixiviación, tales como rebajado de taludes, bermas de pie, etc. (señalando los métodos de análisis de estabilidad, ensayos y caracterización de materiales).

2.4.4.2 Estabilidad Geoquímica

Proporcionar una caracterización geoquímica. Esta caracterización debe considerar lo siguiente:

³ Fuente: Activos Mineros SAC.

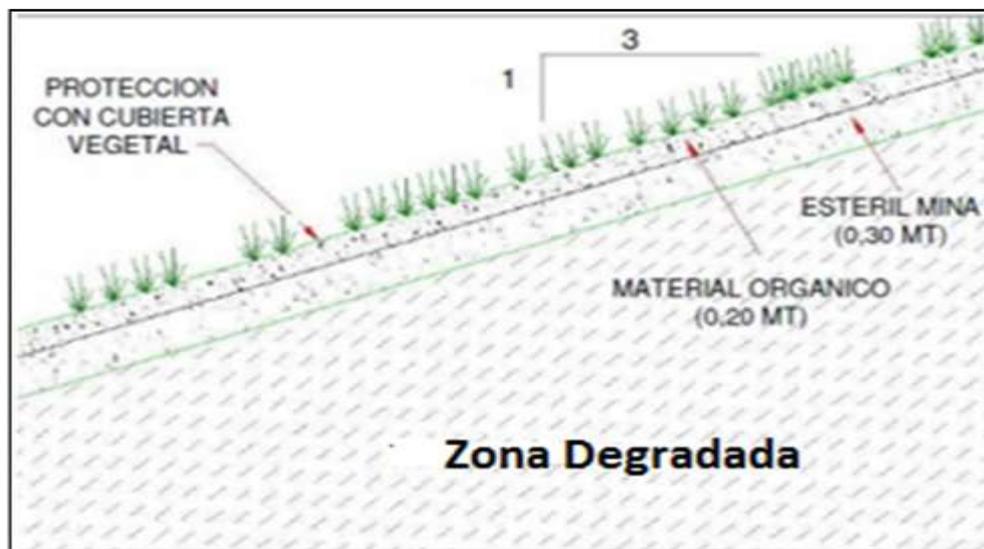
Para el caso de nuestro experimento en los 24m² de terreno también consideramos las siguientes coberturas:

- Retirado de Material piritoso si hubiera
- Tierra de cultivo o Top Soil (0.20 m de espesor)
- Colocado de especies nativas de la zona

Para más detalle adjuntamos la imagen N° 01 donde se visualiza la forma de remediación que debe realizarse.

Figura N° 01

Modelo de remediación de zonas degradadas.



Fuente: Elaboración propia

2.4.5 Monitoreo Ambiental

Monitoreo es el seguimiento regular o continuo del estado de los recursos naturales del parque o de los factores que los afectan, a través de una serie de mediciones tomadas en el tiempo, de uno o más elementos particulares, llamados "variables", con el propósito de orientar acciones específicas de manejo del parque nacional o monumento natural". "Sistema continuo de observación de medidas y evaluaciones para propósitos definidos; el monitoreo es una herramienta importante en el

proceso de evaluación de impactos ambientales y en cualquier programa de seguimiento y control" (Sors, 1987).

2.4.6 Monitoreo del agua

El monitoreo del agua es un proceso de seguimiento de las condiciones de calidad y de cantidad de este recurso en cualquiera de los ambientes en que este presente, continental (superficial y subterráneo), marino o costero, durante un tiempo indefinido o definido y en un área específica. (IDEAM, 2004).

2.4.6.1 Actividades de Monitoreo⁴

A. Trabajo de pre Campo

El trabajo de campo se inicia con la preparación del material necesarios para la toma de muestra y la selección del personal capacitado para el desarrollo del monitoreo. En ocasiones los cuerpos de agua a evaluar se encuentran distantes y alejados de las ciudades, es por ello que es necesario verificar con una lista de chequeo (check list) que se tienen todos los implementos para salir al campo.

Es necesario contar con un mapa de la cuenca donde se ha establecido previamente los puntos de monitoreo considerados. De ser posible, las coordenadas de cada punto deben ser introducido en un GPS para facilitar su ubicación. En caso que los puntos de monitoreo se encuentren en un lago, laguna o mar, también será necesario tener un mapa de los puntos de monitoreo ubicados en los transectos a evaluar.

El trabajo de pre campo consiste en preparar con anticipación los materiales de laboratorio, buffers de pH y conductividad, plan de trabajo, lista de chequeo, formatos de campo (hoja de campo), equipos portátiles, mapa con los puntos de monitoreo, movilidad, baterías de equipos, etc. Este trabajo previo tiene como objetivo cubrir todos los

⁴ PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS

elementos indispensables para llevar a cabo un monitoreo de forma efectiva.

B. Trabajo de Campo

Al llegar al punto de muestreo se debe hacer una observación previa del lugar, para establecer el punto más apropiado para recolectar la muestra y continuar con los siguientes pasos:

- ✓ Anotar las observaciones del cuerpo de agua (color, presencia de residuos, olor, presencia de vegetación acuática, presencia de vegetación ribereña, actividades humanas, presencia de animales, etc).
- ✓ Tomar lectura de las coordenadas del punto de muestreo e indicar el sistema al cual corresponde.
- ✓ Preparar los frascos a utilizar de acuerdo con la lista de parámetros a evaluar.
- ✓ Las muestras de agua serán recolectadas y preservadas teniendo en cuenta cada uno de los parámetros considerados.
- ✓ Proceder con el rotulado de los frascos. El transporte de los frascos, agua destilada y preservantes debe realizarse de preferencia en coolers para evitar su contaminación.
- ✓ Almacenar las muestras en el recipiente térmico (cooler) de forma vertical y considerando que los frascos de vidrio se encuentre apropiadamente protegidos evitando su rompimiento.
- ✓ Tomar las lecturas de los parámetros de campo (T, pH, C.E, O.D, TSD, Turbiedad, etc). las mediciones pueden ser realizadas directamente en el cuerpo de agua siempre y cuando las condiciones lo permitan (seguridad de equipos y representatividad de la lectura) o de lo contrario tomar una muestra en un recipiente apropiado para lecturas considerando que la lectura del O.D se debe realizar de manera inmediata.

- ✓ De ser parte del programa de monitoreo la lectura del caudal podrá ser realizado considerando los criterios antes mencionados.
- ✓ Llenar la cadena de custodia debidamente con la información recogida durante los trabajos realizados. De ser necesario el envío de muestras peresibles (coliformes, DBO, etc) al laboratorio para su análisis, estas deben ir acompañadas de su respectiva cadena de custodia.
- ✓ Al finalizar la campaña de monitoreo las muestras de agua deberán ser transportadas hasta el laboratorio debidamente refrigeradas con Ice pack, llevando consigo la cadena de custodia.

C. Toma de Muestras por Parámetro

Las muestras de agua deberán ser recogidas en frascos de plástico o frascos de vidrio, lo cual dependerá del parámetro a analizar. Asimismo, el volumen necesario de muestra queda determinado por método analítico empleado por el laboratorio responsable de los análisis. Para la toma de muestras en ríos evitar las áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad, la velocidad de la corriente y la distancia de separación entre ambas orillas.

- ✓ La toma de muestra se realizará en el centro de la corriente a una profundidad de acuerdo al parámetro a determinar.
- ✓ Para la toma de muestras en lagos y pantanos, se evitará la presencia de espuma superficial.
- ✓ La toma de muestras, se realizará en dirección opuesta al flujo del recurso hídrico.
- ✓ Considerar un espacio de alrededor del 1% aproximadamente de la capacidad del envase (espacio de cabeza) para permitir la expansión de la muestra. La forma de tomar cada muestra dependerá de los parámetros a analizar. Así tenemos:

Parámetros Físico Químicos - inorgánicos

Generalmente estas muestras pueden ser tomadas en frascos de plástico directamente del cuerpo de agua. Antes se debe realizar el enjuague del frasco con un poco de muestra, agitar y desechar el agua de lavado corriente abajo. Este procedimiento tiene por finalidad la eliminación de posibles sustancias existentes en el interior del frasco que pudieran alterar los resultados. La muestra de estos parámetros deberá provenir del interior del cuerpo de agua en los primeros 20 cm de profundidad a partir de la superficie. Tener en cuenta que las muestras se toman en contra corriente y colocando el frasco con un ángulo apropiado para el ingreso de agua. Estas muestras no requieren ser llenadas al 100%, pero en caso se requiera la adición de preservante se dejará cierto volumen libre para la adición del preservante respectivo. Luego de cerrar el frasco es necesario hacer la homogenización de muestra, mediante agitación. En todo momento evitar tomar la muestra cogiendo el frasco por la boca.

En el caso de la toma de muestra para determinar Metales Pesados, se utilizará frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios de un litro de capacidad. Abrir el envase y sumergirlo a unos 20 cm por debajo de la superficie y luego preservar.

En la toma de muestra para determinar Mercurio y Arsénico se empleará frascos de plásticos de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1 litro de capacidad.

Abrir el envase y sumergirlo a unos 20 cm por debajo de la superficie y luego preservar; así mismo mantener la muestra en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.

La toma de muestras para los parámetros Físicos y iones se utilizan frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1 litro de capacidad, no requiriendo preservación y conservándose en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.

La toma de muestras para el parámetro Dureza Total y Cálcica se utilizan frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1/2 litro de capacidad y luego preservar y conservándose en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.

Para la toma de muestra de los parámetros Cianuro WAD y Libre se empleará frascos de plásticos de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1/2 litro de capacidad y luego preservar.

Las características de los recipientes, volumen requerido y tipo de preservante se contemplan en el Anexo I “Requisitos para toma de muestras de agua y preservación”.

Parámetros de campo

Los parámetros a ser evaluados en campo deben ser confiables y para ello se necesita: Tener calibrados los equipos portátiles (multiparametro, oxímetro, GPS, etc.) antes de la salida al campo y verificar su correcto funcionamiento. La calibración debe realizarse de acuerdo a las especificaciones del fabricante. La calibración debe verificarse y ajustarse de ser necesario en campo. Antes de realizar las lecturas, enjuague dos a tres veces con el agua de la muestra los electrodos con el equipo apagado. Luego realizar la medición agitando ligeramente el electrodo, dejar estabilizar la lectura y tomar nota. Luego de realizar las mediciones deberá lavar los electrodos con agua destilada utilizando una pizeta. Secar con papel toalla y guardar adecuadamente. En algunos casos el electrodo necesita conservarse en una solución salina, estos antes de guardar coloque la capucha con la solución conservadora. Al finalizar las actividades de monitoreo los equipos deben mantenerse en optimo estado de limpieza y en buenas condiciones de funcionamiento. Debe tenerse un registro de mantenimiento de cada instrumento, a fin de llevar el control del mantenimiento, reemplazo de baterías y cualquier problema de lecturas o calibraciones irregulares al usar las sondas o electrodos. Es

prudente verificar que cada equipo cumpla con los estándares de calibración antes de salir al campo.

D. Preservación de las muestras de agua:

Una vez tomada la muestra de agua, se procede a adicionarle el preservante requerido de acuerdo a lo estipulado en el Anexo I “Requisitos para toma de muestras de agua y preservación”. Una vez preservada la muestra, cerrar herméticamente el frasco y para mayor seguridad encintar la tapa para evitar cualquier derrame del líquido.

E. Identificación de las muestras de agua:

Los recipientes deben ser identificados antes de la toma de muestra con una etiqueta, escrita con letra clara y legible la cual debe ser protegida con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información:

- 1.- Número de Muestra (referido al orden de toma de muestra).
- 2.- Código de identificación (punto y/o estación de muestreo).
- 3.- Origen de la fuente.
- 4.- Descripción del punto de muestreo.
- 5.- Fecha y hora de la toma de la muestra.
- 8.- Preservación realizada, tipo de preservante utilizado.
- 9.- Tipo de análisis requerido.
- 10.- Nombre del responsable del muestreo.

F. Marco Legal para Actividades de Monitoreo de Agua y Suelo

El presente instrumento se sustenta en la normatividad vigente establecido para la gestión de los recursos hídricos del país.

- ✓ Ley N° 29338, “Ley de Recursos Hídricos” del 31 de marzo de 2009, faculta a la Autoridad máxima del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos velar por la protección del agua.

- ✓ Decreto Supremo N° 001-2010-AG del 24 de marzo de 2010, aprueba el Reglamento de la Ley N°29338 “Ley de Recursos Hídricos”.
- ✓ Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA del 22 de marzo de 2010, aprueba la Clasificación de cuerpos de agua superficiales y marinos.
- ✓ Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación DS-004-2017-MINAM (Categoría N° 03).
- ✓ Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.

El ECA es la medida de la concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el agua, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Para más detalle de la norma se presenta en los Figura N° 01 y 02 estándares calidad ambiental para agua y suelo respectivamente.

El ECA es la medida de la concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el agua, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Figura N° 02:
ECA Para Lagos y Lagunas Categoría 4

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Niquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Figura N° 03:
Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

Parámetros en mg/kg PS ^(a)	Usos del Suelo ^(b)			Métodos de ensayo ^{(c) y (d)}
	Suelo Agrícola ^(a)	Suelo Residencial/ Parques ^(a)	Suelo Comercial ^(a) / Industrial/ Extractivo ^(a)	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ^(e) EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos ^(f)	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 ^(g) (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 ^(g) (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 ^(g) (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ^(h)	0,5	1,3	33	EPA 8062 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ⁽ⁱ⁾	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ^(m)
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Fuente: Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.

CAPÍTULO III
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1 METODOLOGÍA

3.1.1 METODO

Consiste en la recolección de datos de parámetros de campo y muestras para su análisis posterior en campo, para posterior ser analizados.

A. Ubicación geográfica

La laguna de Yanamate está situada en las estribaciones occidentales de la Cordillera Central en la sierra central del Perú, a 3.2 km al sur oeste de la Ciudad de Cerro de Pasco en el Distrito Tinyahuarco, Provincia y Región de Pasco, tal como se puede observar en la imagen N° 01. Se ubica a una distancia aproximada de 130 Km. al norte de La Oroya y a 310 Km. de Lima, a una altitud de 4266 m.s.n.m.

El acceso desde la ciudad de Lima es a la altura del Km. 296 de la Carretera Central en un desvío de aproximadamente 6 Km y desde la ciudad de Cerro de Pasco a 3 Km aproximadamente.

Imagen N° 01

Ubicación de la Laguna de Yanamate



Fuente: Elaboración Propia

B. Actividades Experimentales

- Se recopiló información de estudios anteriores de monitoreo de calidad de agua de la laguna de Yanamate, con el fin de caracterizar la muestra y poder tener claro los niveles de contaminación que esta tiene, previo al tratamiento.
- Posterior a esto, se tomarán 2 muestras puntuales de solución ácida de aproximadamente 1 litros de la laguna Yanamate. Uno en el punto de descarga de drenaje ácido de mina, otro será una muestra integrada, la cual se tomó en diferentes puntos simultáneamente alrededor de la laguna para luego ser mezclada.
- Para la toma de muestra se realizó de acuerdo al protocolo de monitoreo de calidad de agua.
- Posterior a esto se realizó las pruebas de plantación de especies de ichu en los suelos degradados a fin si estos se puedan adaptar a estas condiciones.

C. Procedimiento analítico

Posterior se envió muestras de agua y suelo para su análisis por un laboratorio acreditado.

3.1.2 TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación planeada es del tipo exploratoria, con este tipo de investigación nos permitirá evaluar el aprovechamiento y remediación de la laguna de Yanamate. El presente estudio es diseñado científicamente de la siguiente manera:

$$X = f Y$$

Dónde:

Y = Variable Dependiente: Remediación de los suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate.

X = Variable Independiente: Incorporación de suelo y flora de especies nativas

f = Función

3.1.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo a la naturaleza del estudio el nivel de investigación es descriptivo y explicativo, ya que se quiere indagar la incidencia de la remediación y los valores en las que se manifiestan las variables, para luego explicarlo.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la presente investigación es de carácter observacional y transversal; es considerada observacional ya que evaluaremos el proceso de aprovechamiento y remediación de las áreas degradadas en la laguna de Yanamate y transversal ya que en este diseño se realizó en una sola medición.

3.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1 Hipótesis General

Con la incorporación de suelo y flora de especies nativas de la zona se remediará los suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.

3.3.2 Hipótesis Específicas

Con el levantamiento de información en campo determinaremos las características que presenta los suelos degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.

Para la remediación se utilizará suelo y flora de especies nativas de la zona se podrá utilizar para la recuperación suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.

3.4 VARIABLES

3.4.1 Variable Independiente

Incorporación de suelo y flora de especies nativas.

3.4.2 Variable Dependiente

Remediación de los suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate.

3.5 COBERTURA DEL ESTUDIO

3.5.1 Población

El presente estudio de investigación se realizará en la zona denominada laguna de Yanamate que tiene un área de depósito de aguas ácidas y terrenos aledaños que cubre un área de 4 km² el área aproximada.

3.5.2 Muestra

Como muestra tendremos un área obtenido de manera aleatoria de 20 m² para diseñar un modelo de remediación.

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.6.1 Técnicas de la investigación

A. Recopilación de información de Gabinete

Se recolectó información normativa, técnico de los la degradación de suelo y flora en laguna de Yanamate.

B. Recopilación de información de Campo

Se recolectó información de los procesos de aprovechamiento y remediación de la degradación de suelo y flora en laguna de Yanamate.

3.6.2 Instrumentos de la investigación

- ✓ GPS
- ✓ Formularios
- ✓ Fichas de Observación.
- ✓ Cámara Fotográfica

3.6.3 Fuentes

- ✓ Documentales: planes de estudios por parte de activos mineros, Fotografías y videos.
- ✓ Observaciones: evaluación en campo.

3.7 PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN

3.7.1 Estadísticos

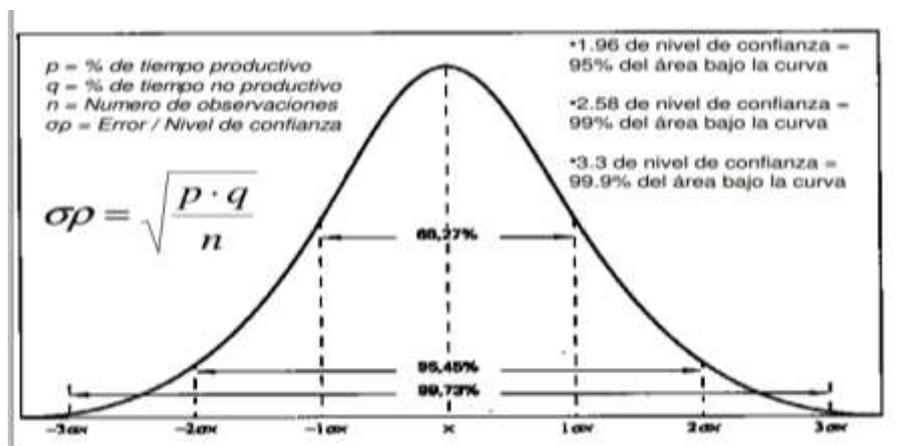
En esta prueba, estaremos analizando una muestra representativa de la población y deberemos aceptar que existe un porcentaje de riesgo que debemos medir y aceptar a la hora de realizar dichas pruebas.

Para determinar el nivel de confianza utilizaremos tal como se muestra en el Figura N° 04.

3.7.2 Representación

Figura N° 04

Determinación del Nivel de Confianza de la Investigación



Fuente: Tamayo y Tamayo, Mario 1990 2da Edición "El proceso de la Investigación Científica Fundamentos de Investigación"

3.7.3 Técnica de comprobación de la hipótesis

La técnica de comprobación de hipótesis será: **La hipótesis como proposición que establece relación entre los hechos:** una hipótesis es el establecimiento de un vínculo entre los hechos que el investigador va aclarando en la medida en que pueda generar explicaciones lógicas del porqué se produce este vínculo.

CAPÍTULO IV
ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE
RESULTADOS

Con el fin de contribuir a la remediación de los suelos degradados en la provincia de Pasco, se propone la investigación a fin de plantear la recuperación de suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas ácidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A, para la presente investigación se realizó la investigación previa del estado de la calidad de agua y suelo de esta zona a investigar, para ello se realizó el monitoreo y análisis de agua de las aguas acidas de la laguna Yanamate, monitoreo y análisis de suelo de las zonas degradadas por las aguas acidas de la laguna de Yanamate, posterior a ello se plantea la especie a ser utilizado para la remediación de estos suelos degradados, mediante un área de ensayo con el uso de especie oriundas de la zona.

4.1 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

Los puntos de monitoreo para determinar la calidad de agua y suelo en la laguna de Yanamate, geográficamente se ubican tal como se detalla en la Tabla N° 02, y su ubicación de dichos puntos en el mapa N° 01 y asimismo en las imágenes N° 2 al 4 de la presente investigación. En los mencionados puntos de monitoreo se evaluaron los parámetros físico-químico.

Tabla N° 1

UBICACIÓN GEOGRÁFICAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

Código	Descripción	Coordenadas UTM	Altura (msnm)	Zona
P-1	Aguas de Laguna Yanamate	E 363195 N 8815222	4332	18L
P-2	Aguas de Laguna Yanamate	E 363290 N 8814704	4329	18L
P-3	Suelo Yanamate	E 363360 N 8814682	4329	18L

Fuente: Elaboración Propia

Mapa N° 01

Ubicación de los Punto de Monitoreo en la Laguna de Yanamate



Fuente: Goole Earth

Imagen N° 02
Monitoreo de Agua



Imagen N° 03
Monitoreo de Suelo



Imagen N° 04
Muestras Recolectadas



A continuación, presentamos los resultados obtenidos de las actividades realizadas para la presente investigación:

4.2 Resultados

Finalizada el proceso de análisis el 21 de enero el laboratorio Servicios Analíticos generales acreditado por INACAL nos reportó resultados de los parámetros químicos (metales totales y sólidos disueltos totales), para más detalle del resultado del laboratorio se puede observar en las tablas del N° 3 y 6, el certificado respetivo lo adjuntamos en el Anexo N° 2 de la presente investigación.

4.2.1 Resultados de Calidad de Aguas de la Laguna de Yanamate

A. Resultados de los Parámetros Físicos del Agua de la Laguna Yanamate

Este resultado se generó del monitoreo realizado en campo tal como se puede observar en la imagen N° 4, teniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 2

Resultado de los Parámetros Físicos

Parámetros	Unidad	"ECA 4 " Permitido	P-1 Aguas de Laguna Yanamate	P-2 Aguas de Laguna Yanamate
pH	-----	6.5-9	2.34	2.68
Conductividad Eléctrica	uS/cm	1000	1234	1563

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 01

Resultado del Parámetro pH



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 02

Resultado del Parámetro Conductividad Eléctrica



Fuente: Elaboración Propia

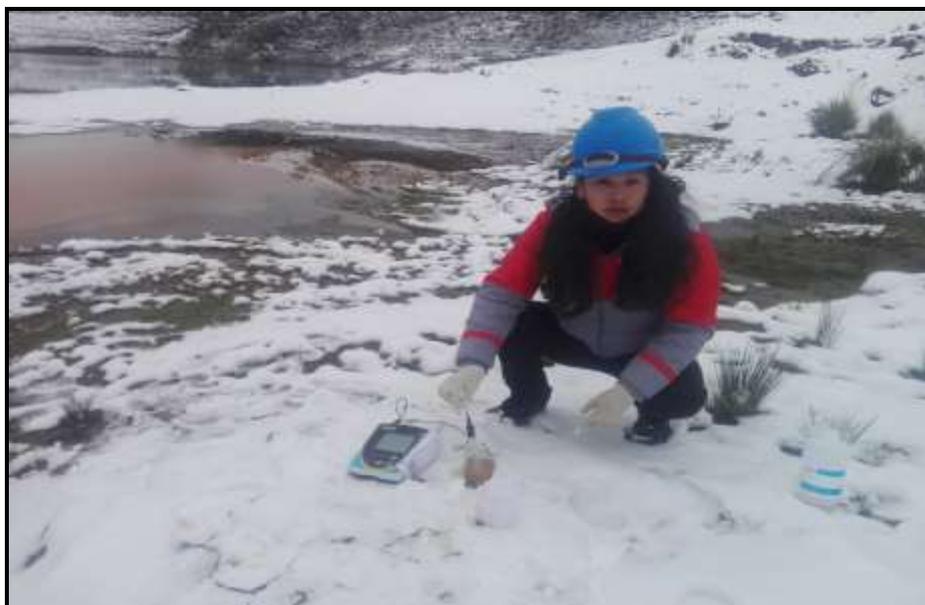
Análisis de los Resultados de los Parámetros Físicos

La Laguna Yanamate está considerado dentro de los Estándares de Calidad Ambiental como Categoría 4 para (Lagos y Lagunas).

- Para el caso del Potencia de Hidrogeno (pH) el estándar considerado es de 6,5 – 9,0 por lo que vemos en los dos puntos de monitoreo del P-1 (Aguas de Laguna Yanamate) y P-2 (Aguas de Laguna Yanamate) no cumple con las ECA para categoría 4, ya que en el punto P-1 el pH es de 2.34 y en el punto P-2 el pH es de 2.68, lo cual está fuera del estándar permitido, lo cual afectando al agua, esta acidez permite que se active la presencia de metales totales en las aguas de la laguna de Yanamate.
- Para el caso de la Conductividad Eléctrica está considerado dentro de los Estándares de Calidad Ambiental como Categoría 4, el estándar permitido es de 1000 uS/cm, en los resultados obtenidos tenemos en los dos puntos de monitoreo del P-1 (Aguas de Laguna Yanamate) y P-2 (Aguas de Laguna Yanamate), en el punto P-1 la CE es de 1234 uS/cm y en el punto P-2 el pH es de 1563 uS/cm, superando el estándar

permitido, estos resultados representa la presencia alta de metales totales en las aguas de la laguna de Yanamate.

Imagen N° 05
Monitoreo de Parámetros Físicos 1



B. Resultados de los Parámetros Químicos del Agua de la Laguna Yanamate

Estos resultados reportados por el laboratorio Servicios Analíticos Generales SAC, reporto los siguientes resultados químicos:

B.1. Parámetro Sólidos Disueltos Totales

Tabla N° 3

Resultado del Parámetro Sólidos Disueltos Totales

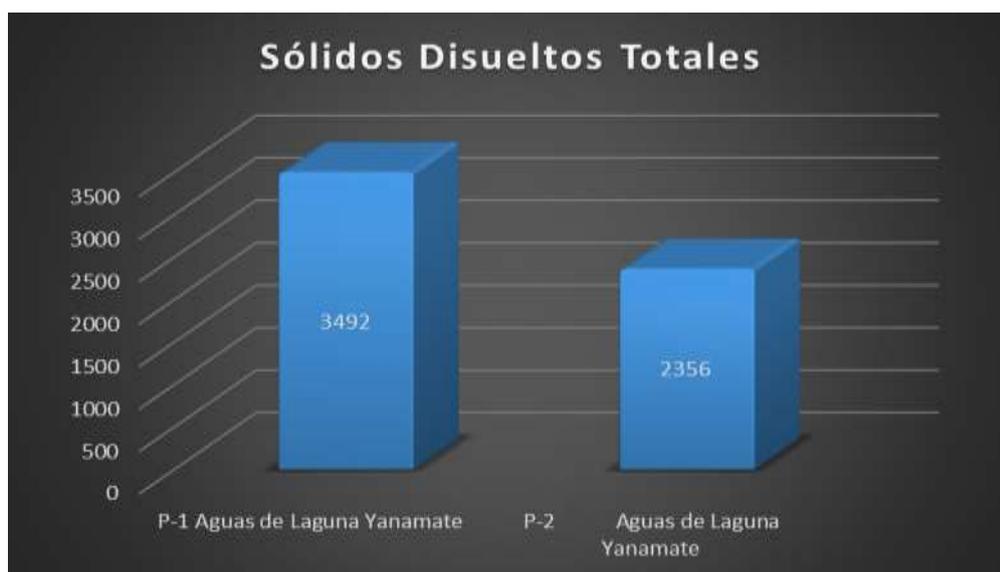
Parámetros	Unidad	"ECA 4 " Permitido	P-1 Aguas de Laguna Yanamate	P-2 Aguas de Laguna Yanamate
Sólidos Disueltos	mg/lit	≤ 25	3492	2356

Totales				
---------	--	--	--	--

Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.

Gráfico N° 03

Resultado del Parámetro Sólidos Disueltos Totales



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación del parámetro Sólidos Disueltos Totales

Según los Estándares de Calidad Ambiental para Categoría 4 (Lagos y Lagunas), los Sólidos Disueltos Totales es de ≤ 25 mg/Lt, por lo que vemos en los dos puntos de monitoreo de la Laguna Yanamate P-1 Aguas de Laguna Yanamate y P-2 Aguas de Laguna Yanamate no cumple con las ECA para categoría 4, ya que en el P-1 la Sólidos Disueltos Totales es de 3492 mg/Lt y en el punto P-2 el Sólidos Disueltos Totales es de 2356 mg/Lt. Esta presencia se debe principalmente al proceso reactante que tiene la alta acidez a las rocas calcáreas que se encuentran al contorno de la laguna de Yanamate, y esta reacción como producto da la alta presencia de Sólidos Disueltos Totales.

B.2. Parámetro Metales Totales

Tabla N° 4:

Resultado del Parámetro Metales Totales

Metales Totales(mg/lit)	"ECA 4" Permitido	P-1 Aguas de Laguna Yanamate	P-2 Aguas de Laguna Yanamate
Litio (Li)	—	0.04739	0.02419
Berilio(Be)	—	0.0011	0.00064
Boro (B)	—	0.0398	0.0317
Sodio (Na)	—	4.221	1.939
Magnesio (Mg)	—	40.323	13.619
Aluminio (Al)	—	20.782	7.075
Silicio (Si)	—	4.093	8.782
Silice (SiO ₂)	—	8.76	18.793
Silicatos (SiO ₃)	—	11.09	23.8
Fósforo (P)	0,035	0.43	2.755
Potasio (K)	—	7.897	2.183
Calcio (Ca)	—	>400	>400
Titanio (Ti)	—	0.00726	0.13382
Vanadio(V)	—	0.01048	0.02842
Cromo (Cr)	0,011	0.018	0.017

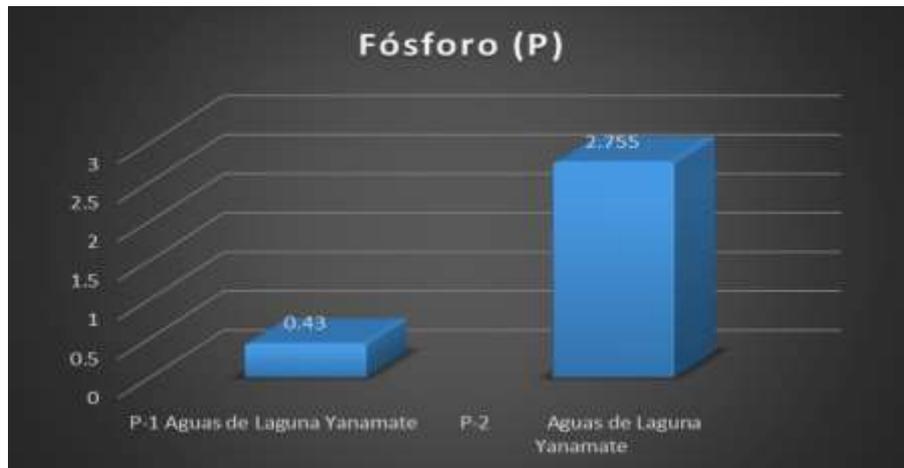
Manganeso (Mn)	—	16.806668	0.848471
Hierro (Fe)	—	>200	>200
Cobalto (Co)	—	0.013361	0.001575
Niquel (Ni)	0.052	5.0457	2.8818
Zinc (Zn)	0,12	>20	>20
Galio (Ga)	—	0.0529	0.03566
Germanio (Ge)	—	0.00296	0.00411
Arsénico (As)	0,15	1.77175	>10
Selenio(Se)	0,005	0.0013	0.007
Rubidio (Rb)	—	0.02298	0.00646
Estronio (Sr)	—	0.9578	1.94643
Zincorio (Zr)	—	0.001	0.00664
Niobio (Nb)	—	<0.00002	0.00019
Molibdeno (Mo)	—	0.0009	0.0036
Plata (Ag)	—	0.00235	0.0116
Cadmio (Cd)	0,00025	0.07877	0.10786
Indio (In)	—	0.01137	0.01241
Estaño (Sn)	—	0.0019	0.0079
Antimonio (Sb)	0,64	0.0651	0.4459
Cesio (Ce)	—	0.01042	0.00734

Bario(Ba)	0,7	0.01042	0.00734
Lantano (La)	—	0.00095	0.001826
Cerio (Ce)	—	0.003575	0.004887
Terbio (Tb)	—	0.00019	0.00013
Lutecio (Lu)	—	0.000016	0.000004
Tantalio (Ta)	—	0.00005	0.00005
Wolframio(W)	—	0.00171	0.00764
Mercurio (Hg)	0,0001	<0.00002	0.00142
Talio (Tl)	0.0008	0.02353	0.03593
Plomo (Pb)	0,0025	0.01564	0.6537
Bismuto (Bi)	—	0.029515	0.421898
Torio (Th)	—	0.000052	0.001016
Uranio (U)	—	0.005387	0.007402

Fuente: Servicios Analiticos Generales SAC.

Gráfico N° 04:

Presencia de Fosforo en la Laguna de Yanamate



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 05

Presencia de Cromo en la Laguna de Yanamate



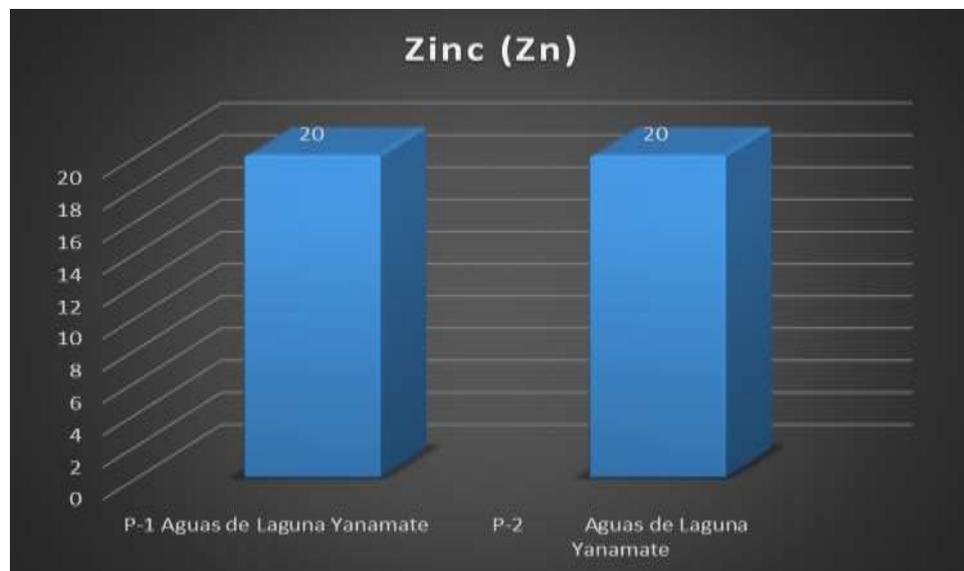
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 06:
Presencia de Niquel en la Laguna de Yanamate



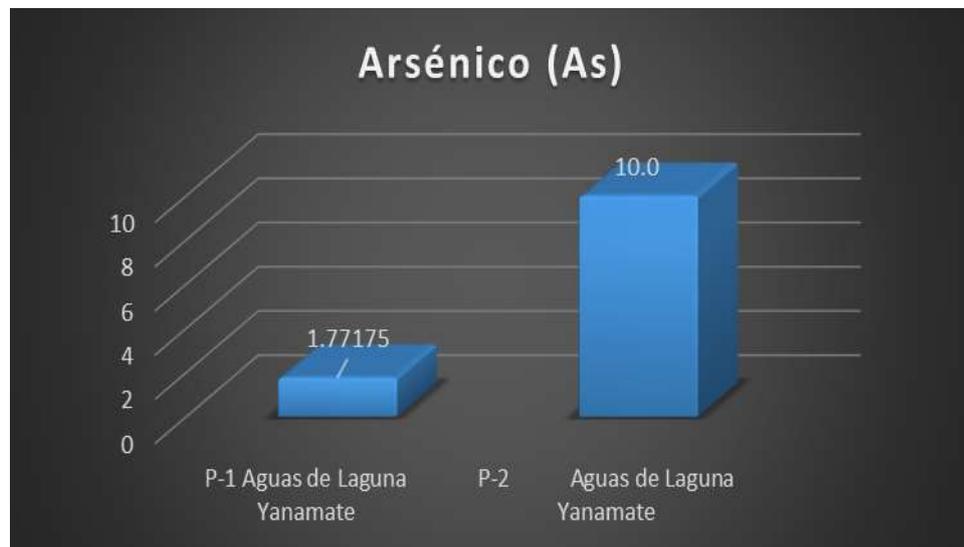
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 07:
Presencia de Zinc en la Laguna de Yanamate



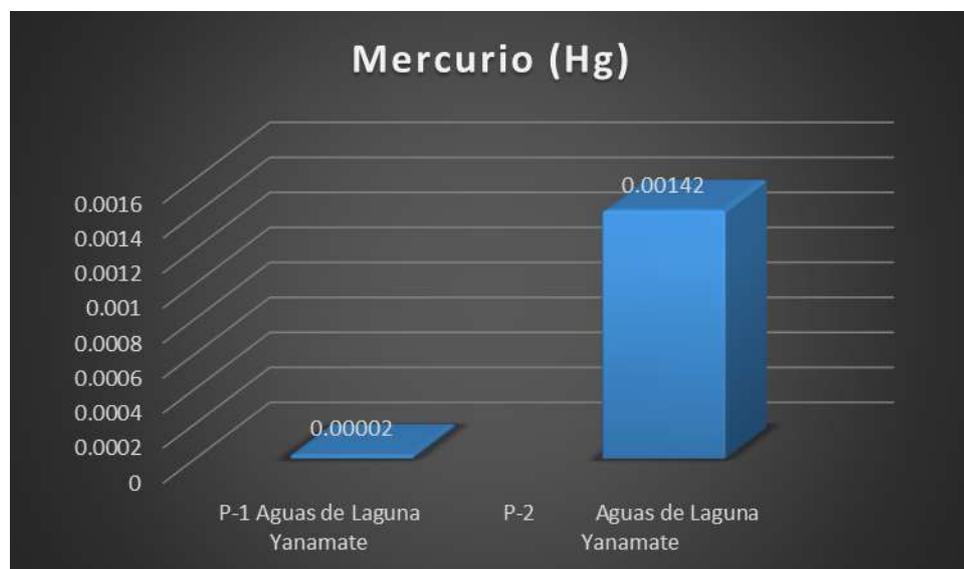
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 08:
Presencia de Arsénico en la Laguna de Yanamate



Fuente: Elaboración Propia

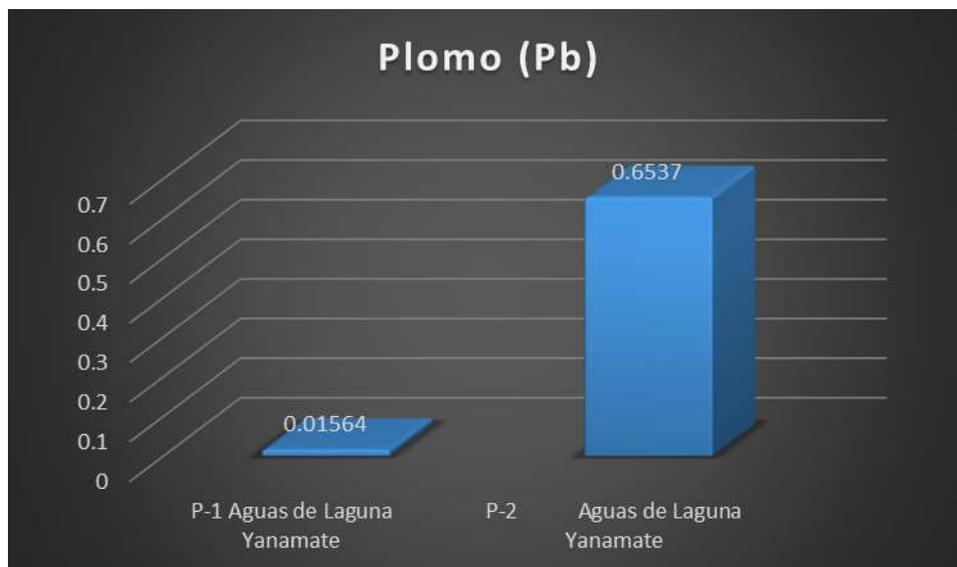
Gráfico N° 09:
Presencia de Mercurio en la Laguna de Yanamate



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 10

Presencia de Plomo en la Laguna de Yanamate



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación del parámetro Metales Totales

La Laguna Yanamate está considerado dentro de los Estándares de Calidad Ambiental como Categoría 4 para (Lagos y Lagunas).

- Para el caso de Metales Totales el estándar considerado es diferentes concentración de acuerdo al tipo de metales, por lo que vemos en los dos puntos de monitoreo P-1 Aguas de Laguna Yanamate, P-2 Aguas de Laguna Yanamate, no cumple con las ECA para categoría 4 en los metales totales representativos, como es el caso del cromo según el ECA el permitido es 0,011 mg/Lt , por lo que puede observar en el tabla N° 5 y gráfico N° 5, el cromo en el P-1 se encuentra en 0.018 mg/Lt y en el P-2 se encuentra en 0.017 mg/Lt, lo cual ligeramente pasa del estándar permitido. Para el caso del Níquel según el ECA el permitido es 0,052 mg/Lt , por lo que puede observar en el tabla N° 5 y gráfico N° 6, el Níquel en el P-1 se encuentra en 5.0457 mg/Lt y en el P-2 se encuentra en 2.8818 mg/Lt, lo cual pasa significativamente del estándar permitido.

Para el caso del Zinc según el ECA el permitido es 0,12 mg/lit, por lo que puede observar en el tabla N° 5 y gráfico N° 7, el Zinc en el P-1 se encuentra en 20 mg/lit y en el P-2 se encuentra en 20 mg/lit, lo cual pasa significativamente del estándar permitido. Para el caso del Arsénico según el ECA el permitido es 0,15 mg/lit, por lo que puede observar en el tabla N° 5 y gráfico N° 8, el Arsénico en el P-1 se encuentra en 1.77175 mg/lit y en el P-2 se encuentra en 10 mg/lit, lo cual pasa significativamente del estándar permitido. Para el caso del Mercurio según el ECA el permitido es 0,0001mg/lit, por lo que puede observar en el tabla N° 5 y gráfico N° 9, el Mercurio en el P-1 se encuentra en 0.00002 mg/lit y en el P-2 se encuentra en 0.00142 mg/lit, lo cual en el punto P-2 pasa ligeramente del estándar permitido. Para el caso del Plomo según el ECA el permitido es 0,15 mg/lit, por lo que puede observar en el tabla N° 5 y gráfico N° 10, el Plomo en el P-1 se encuentra en 0.01564 mg/lit y en el P-2 se encuentra en 0.6537 mg/lit, lo cual pasa ligeramente del estándar permitido en ambos puntos.

- Por ser las aguas acidas provenientes de la pirita que es un Sulfuro de hierro (Fe_2S_3), en las aguas analizadas también se pudo detectar que el fierro o hierro en el P-1 se encuentra en 200 mg/lit y en el P-2 se encuentra en 200 mg/lit, lo cual se presenta significativamente alta, asimismo en el ECA no se tiene un límite de permitido.

4.2.2 Resultados de Calidad de Suelo al Contorno de la Laguna de Yanamate Inicial y Final

Tabla N° 5

Resultados de los Parámetros Físicos-Suelo Contorno de la Laguna de Yanamate INICIO (21/01/2019) y FINAL del tratamiento (02/05/2019)

		"ECA SUELLO" Permitido mg/kg PS	P-3 Suelo Yanamate INICIO (21/01/2019)	P-3 Suelo Yanamate FINAL (02/05/2019)
Metales Totales(mg/lt)	Plata (Ag)	—	0.07	0.07
	Aluminio (Al)		3755	1577.5
	Arsénico (As)	140	1338.7	553.2
	Boro (B)		0.2	0.2
	Bario(Ba)	2 000	25.4	11.3
	Berilio(Be)		0.3	0.11
	Calcio (Ca)	—	40000	40000
	Cadmio (Cd)	22	44.69	35.2
	Cerio (Ce)	—	34.4	22.5
	Cobalto (Co)		12.94	6.25
	Cromo Total (Cr)	1 000	0.04	0.04
	Cobre (Cu)		232.6	112.9
	Hierro (Fe)		20000	20000

Mercurio (Hg)	24	0.1	0.1
Potasio (K)	—	39.3	23.6
Litio (Li)		4.7	2.0
Magnesio (Mg)	—	454.7	198.3
Manganeso (Mn)		2000	2000
Molibdeno (Mo)	—	0.2	0.2
Sodio (Na)	—	75.4	42.2
Niquel (Ni)		13.79	7.89
Fósforo (P)	—	661.5	356.3
Plomo (Pb)	800	150.06	92.70
Antimonio (Sb)	—	39.1	27.2
Selenio(Se)		0.3	0.3
Estaño (Sn)	—	4.5	3.2
Estroncio (Sr)	—	176.8	102.8
Titanio (Ti)	—	9.42	6.33
Talio (Tl)	—	44.1	29.7
Vanadio(V)	—	938	6.55
Zinc (Zn)		5000	5000

Fuente: Servicios Analíticos Generales SAC.

Gráfico N° 11

Presencia de Arsénico en Suelo Laguna de Yanamate



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 12:

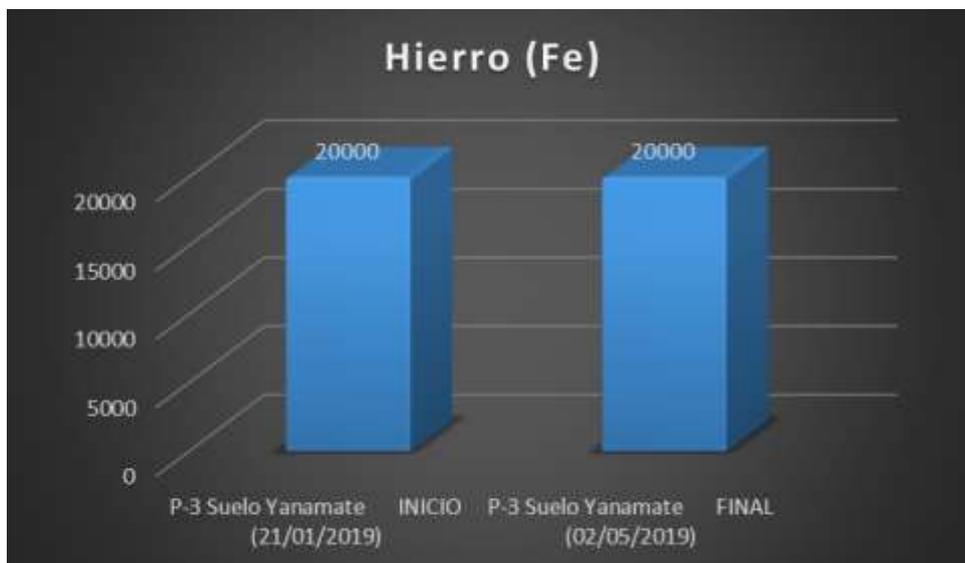
Presencia de Cadmio en Suelo Laguna de Yanamate



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 13

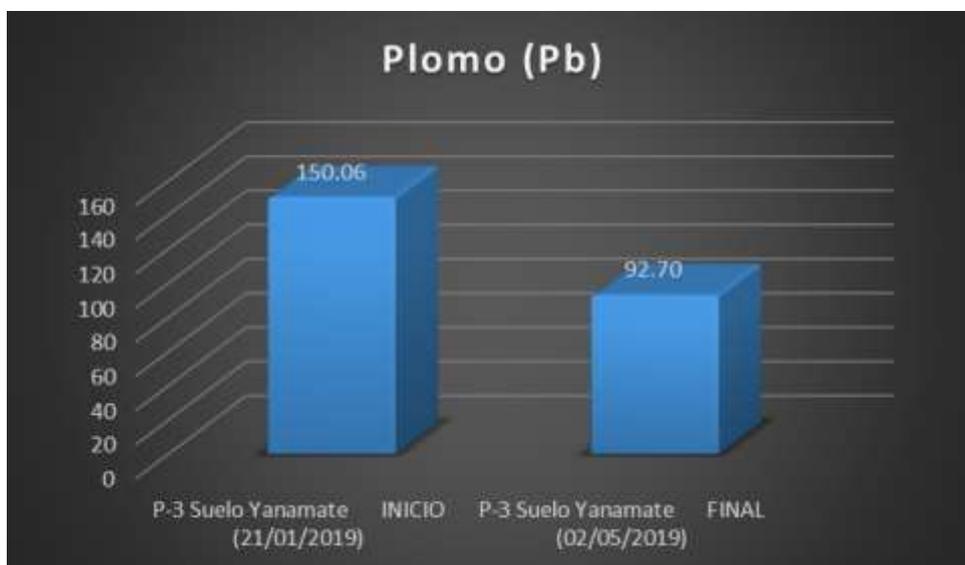
Presencia de Hierro en Suelo Laguna de Yanamate



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 14

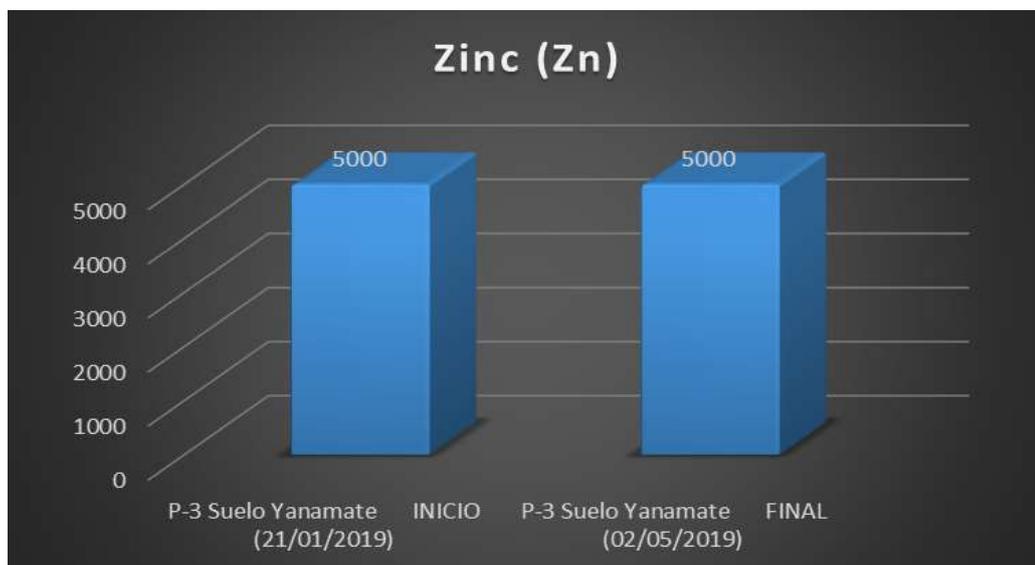
Presencia de Plomo en Suelo Laguna de Yanamate



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 15

Presencia de Zinc en Suelo- Laguna de Yanamate



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación del parámetro Metales Totales - Suelo

Según los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, por presentar vertimiento de aguas ácidas provenientes de la industria minera lo consideraremos ECA-Para Suelo, Zona Industrial.

- Para los Metales Totales el estándar considerado es diferentes concentraciones de acuerdo al tipo de metales, por lo que vemos en el punto de monitoreo P-3 Suelo Yanamate, no cumple con las ECA-Suelo para los metales más representativos que se encuentra regulados tal como se puede observar en la tabla N° 6 y gráficos del N° 11 al 15.
- Para el caso del Arsénico según el ECA suelo el permitido es 140 mg/kg, por lo que puede observar en el tabla N° 6 y gráfico N° 11, el Arsénico en el P-3 se encuentra en 1338.7 mg/kg, lo cual pasa significativamente del estándar permitido. Para el caso del Cadmio según el ECA suelo el permitido es 22 mg/kg,

por lo que puede observar en el tabla N° 6 y gráfico N° 12, el Cadmio en el P-3 se encuentra en 44.69 mg/kg, lo cual pasa el doble de lo permitido del estándar. Para el caso del Plomo según el ECA suelo el permitido es 800 mg/kg, por lo que puede observar en el tabla N° 6 y gráfico N° 13, el Plomo en el P-3 se encuentra en 150.06 mg/kg, lo cual cumple con el estándar permitido. Para el caso del Zinc y Hierro según el ECA suelo no está regulado, pero se encuentra en altas concentraciones para el caso del Zinc se encuentra en 5000 mg/kg, y el Hierro se encuentra en 20000 mg/kg.

- Si revisamos el cuadro comparativo el 21 de enero se realizó un primer monitoreo y 02 de abril se realizó el monitoreo final teniendo este resultado podemos determinar que el tratamiento con el uso de flora natural de la zona es eficiente ya que el porcentaje de metales en el suelo descendió en la zona específicamente de enmienda hasta 30%, como podemos ver el caso del Arsénico en el P-3 se encuentra en el inicio tiene 1338.7 mg/kg y al final tiene 553.2 mg/kg, en el Cadmio en el P-3 se encuentra en el inicio tiene 44.69 mg/kg y al final tiene 35.2 mg/kg. Para el caso del Plomo en el P-3 se encuentra en el inicio 92.7 mg/kg. Estos resultados confirman que nuestro planteamiento de remediación ayuda a disminuir la presencia de metales en la laguna de Yanamate y su contorno afectado.

4.2.3 Resultados de Ensayo de Remediación de Suelo con Especie de Flora

A. Apertura y Delimitación de Área de Experimento

Para la remediación de suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A se aperturo un área de 20 m², esta área fue cercada con malla de seguridad.

Teniendo los resultados del análisis de suelo donde podemos observar en la tabla N° 06 donde se tiene alta presencia de Calcio de 40000 mg/kg, Manganeso 454.7 mg/kg, Fósforo 661.5 mg/kg, Hierro 20000 mg/kg, Zinc 5000 mg/kg elementos químicos presente entre ellos contaminantes como Hierro y elementos químicos necesarios para el desarrollo de especies de flora como fosforo, zinc, en base a ello se eligió la especie oriunda de la zona, esta especie capaz de resistir a las condiciones climáticas, esta especie denomina Ichu (*Stipa ichu*).

La especie Ichu (*Stipa ichu*) según (Carlos Reynel) Junio 2012: Gramínea perenne, con muchos macollos y renuevos agrupados de modo compacto, las cañas de 25-80 cm de altura, puntiagudas, duras. Hojas con láminas foliares de 10-33 cm de longitud, con haz áspero y envés sin pelos. Inflorescencia una panícula de 15-30 cm de longitud, sedosa y densamente provista de flores desde la base; espiguillas con pedicelos cortos; glumas de 6-8 mm de longitud, transparentes. Ámbito Altoandino; forma extensos pajonales a campo abierto, entre 3700-4800 msnm.

Asimismo, teniendo como referencia de esta especie de su capacidad de adaptarse en residuos mineros (Gutiérrez H, Castañeda R. Hvca. 2014) donde menciona lo siguiente: Las especies vegetales que se desarrollan en las periferias de los pasivos mineros de Cercapuquio son: *Calamagrostis intermedia* (J.Presl) Steud, de la familia Poaceae, **cuyo nombre común es “ichu” (*Stipa ichu*)**; *Hypochoeris meyeniana* (Walp.) Griseb, de la familia Asteraceae, cuyo nombre común es “hierba estrella”; *Paranephelium uniflorum* Poepp, de la familia Asteraceae, cuyo nombre común es “roseta”; *Senecio collinus* A. Nelson, de la familia Asteraceae, cuyo nombre común es “flor amarilla”; y *Astragalus garbancillo* Cav, de la familia Fabaceae, cuyo nombre común es “garbancillo”; dentro de estas especies vegetales la que predomina es *Calamagrostis intermedia* (J.Presl) Steud, porque en todos los

lugares de la sierra peruana a altitudes mayores a 4000 msnm existe una predominancia significativa de esta especie vegetal, tal como lo afirma.

Asimismo, en la zona de experimentación, se ha adherido una capa de tierra orgánica de 20 cm de altura a fin darle a la especie de flora denominada Ichu (*Stipa ichu*); darle desarrollo, la especie de flora se sembraron el día 18 de Julio del 2018, lo cual se realizó el sembrío de los esquejes de Ichu, para más detalle de todo lo mencionado se puede observar en las imágenes N° 06.

Imágen N° 06

Monitoreo de Parámetros Físicos 2



Imágen N° 07

Monitoreo de Parámetros Físicos 3

**B. Cuidados y Mantenimiento de la especie sembrada - Planta Ichu (*Stipa ichu*)**

Para el adaptado de la Planta Ichu (*Stipa ichu*) se tuvo que proteger con paja extraído de la zona cercana de tal como se puede observar en las imagen N° 07. El tiempo de cuidado fue durante 5 meses y por otro lado también debemos mencionar que se realizó el riego en época de estiaje una vez por semana.

Imagen N° 08

Riego de la Planta Ichu (*Stipa ichu*)**C. Monitoreo de Crecimiento de la Especie Planta Ichu (*Stipa ichu*)**

El monitoreo del crecimiento de la Especie Planta Ichu (*Stipa ichu*) se realizó en las siguientes fechas y la medida de crecimiento, este monitoreo del crecimiento lo podemos constatar en las imágenes N° 08:

- Primera Semana de Octubre: 8 cm a 10 cm
- Primera Semanas de Noviembre: 10 cm a 15 cm
- Primera Semana de Diciembre: 20 cm a 50 cm

Cabe destacar que la especie al inicio de su adaptación tuvo dificultades ya que se observó que las hojas estuvieron amarillentas a posterior donde en el segundo y tercer monitoreo la especie se adaptó al clima frígido, presencia de nevada y a la presencia de material degrada o suelo degradado con alta presencia de metales como se analizó.

Imagen N° 09

Control de Crecimiento de la Planta Ichu (*Stipa ichu*) 1



Imagen N° 10

Control de Crecimiento de la Planta Ichu (*Stipa ichu*) 2



4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la investigación ya concluida denominada **“REMEDIACIÓN DE SUELOS Y FLORA DEGRADADOS AL CONTORNO DE LA LAGUNA DE YANAMATE AFECTADOS POR LAS AGUAS ACIDAS PROVENIENTES DE LA UNIDAD ADMINISTRATIVA CERRO SAC DE VOLCÁN COMPAÑÍA MINERA S.A.A.- 2018”** los resultados muestran los siguientes:

Como se pudo desarrollar la investigación en primer lugar se evaluó la calidad de agua y suelo presente en la laguna de Yanamate a fin de determinar la especie a proponer en los ensayos de adaptación en este suelo alterado o degradado por las aguas ácidas de la cual estos resultados concluyeron:

- La calidad de agua no cumple los Estándares de Calidad Ambiental como Categoría 4 para (Lagos y Lagunas) Potencia de Hidrogeno (pH) el estándar considerado es de 6,5 – 9,0, ya que en el punto P-1 el pH es de 2.34 y en el punto P-2 el pH es de 2.68, esta acidez permite que se active la presencia de metales totales en las aguas de la laguna de Yanamate, asimismo se muestra alta conductividad que se presenta en el punto P-1 la CE es de 1234 uS/cm y en el punto P-2 el pH es de 1563 uS/cm, estos resultados representa la presencia alta de metales totales en las aguas de la laguna de Yanamate. Por otro lado, los metales totales en los dos puntos de monitoreo P-1 Aguas de Laguna Yanamate, P-2 Aguas de Laguna Yanamate, no cumple con las ECA para categoría 4 en los metales totales representativos como se pudo ver para los casos del Cromo, Níquel, Zinc, Arsénico, Mercurio y Plomo.
- La calidad de suelo de igual forma que el agua en la gran mayoría de los metales representativos no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo como son el caso del Arsénico, Cadmio y Plomo, más aun para el caso del Zinc y Hierro según el ECA suelo no está regulado pero se encuentra en altas concentraciones para el caso del Zinc se encuentra en 5000 mg/kg, y el Hierro se encuentra en 20000 mg/kg.

Estos resultados representan que es imposible que alguna especie de flora pueda adaptarse a este medio con alta presencia de metales, y alta acidez, para ello se investigó que especie podría adaptarse, teniendo como referencia a (Gutiérrez H, Castañeda R. Hvca. 2014) y otras referencias se pudo identificar una especie uriunda que existe en esta zona de la investigación que es la especie de la familia Poaceae, cuyo nombre común es “ichu” (*Stipa ichu*).

Del ensayo en campo con esta especie se pudo identificar en los 5 meses de ensayo y a la fecha esta especie presenta la adaptación a esta zona degradada y por el clima frígido e inclusive con nevada se adaptó adecuadamente por lo que representa la investigación con buen éxito para implantar esta especie en la recuperación de la laguna de Yanamate.

4.4 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Para nuestra investigación se planteó la hipótesis general expresando lo siguiente:

“Con la incorporación de suelo y flora de especies nativas de la zona se remediará los suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.”.

Finalizada nuestra investigación podemos mencionar que la hipótesis es validad, ya que se constató con la incorporación de suelo y flora de Ichu (*Stipa ichu*) en la zona se logró adaptar esa especie para la recuperación de los suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A. Lo cual afirmamos que esta forma planteada de remediación a gran escala traerá frutos para la recuperación de esta laguna patrimonio de los pobladores de Pasco.

CONCLUSIONES

Finalizo la presente investigación con los siguientes:

1. La Laguna Yanamate ha venido siendo utilizada para el vertimiento de aguas ácidas provenientes de la unidad de producción Cerro de Pasco desde 1981. Las aguas ácidas son bombeadas desde la estación de bombeo ubicada en la planta de extracción por solventes y electrodeposición de la Empresa Minera Cerro SAC hacia la Laguna Yanamate.
2. Antiguamente los alrededores de la laguna Yanamate vivía un mínimo de poblaciones y sus actividades ganaderas, esta actividad fue desapareciendo mientras aumentaba el nivel de agua de la laguna Yanamate, hasta la actualidad estos terreros quedaron afectados sin presencia de vida alguna.
3. Por la cual se planteó remediar de los suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.
4. Como se pudo desarrollar la investigación en primer lugar se evaluó la calidad de agua y suelo presente en la laguna de Yanamate a fin de determinar la especie a proponer en los ensayos de adaptación en este suelo alterado o degradado por las aguas ácidas teniendo buenos resultados.
5. La calidad de agua no cumple los Estándares de Calidad Ambiental como Categoría 4 para (Lagos y Lagunas), ya que en el punto P-1 el pH es de 2.34 y en el punto P-2 el pH es de 2.68, asimismo se muestra alta conductividad que se presenta en el punto P-1 la CE es de 1234 uS/cm y en el punto P-2 el pH es de 1563 uS/cm, estos resultados representa la presencia alta de metales totales en las aguas de la laguna de Yanamate. Por otro lado, los metales totales en los dos puntos de monitoreo no cumplen con las ECA para categoría 4 en los metales totales representativos como se pudo ver para los casos del Cromo, Níquel, Zinc, Arsénico, Mercurio y Plomo.
6. La calidad de suelo de igual forma que el agua en la gran mayoría de los metales representativos no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo como son el caso del Arsénico, Cadmio y Plomo, más aun para el

caso del Zinc y Hierro según el ECA suelo no está regulado pero se encuentra en altas concentraciones para el caso del Zinc se encuentra en 5000 mg/kg, y el Hierro se encuentra en 20000 mg/kg.

7. Estos resultados representan que es imposible que alguna especie de flora pueda adaptarse a este medio con alta presencia de metales, y alta acidez, para ello se investigó que especie podría adaptarse, teniendo como referencia a (Gutiérrez H, Castañeda R. Hvca. 2014) y otras referencias se pudo identificar una especie oriunda que existe en esta zona de la investigación que es la especie de la familia Poaceae, cuyo nombre común es "ichu" (*Stipa ichu*).
8. Del ensayo en campo con esta especie se pudo identificar en los 5 meses de ensayo y a la fecha esta especie presenta la adaptación a esta zona degradada y por el clima frígido e inclusive con nevada se adaptó.
9. Si revisamos el cuadro comparativo el 21 de enero se realizó un primer monitoreo y 02 de abril se realizó el monitoreo final teniendo este resultado podemos determinar que el tratamiento con el uso de flora natural de la zona es eficiente ya que el porcentaje de metales en el suelo descendió en la zona específicamente de enmienda hasta 30%. Estos resultados confirman que nuestro planteamiento de remediación ayudó a disminuir la presencia de metales en la laguna de Yanamate y su contorno afectado.

RECOMENDACIONES

Concluida la investigación llego a determinar las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda el uso de la planta Ichu (*Stipa ichu*) para el tratamiento de suelo con presencia de metales totales como Fierro (Fe), Plomo (Pb), Zinc (Zn) y Cobre (Cu) a niveles superiores de 4000 m.s.n.m.
2. Realizar las pruebas para el tratamiento de agua con presencia de metales totales vía la aplicación de la planta Ichu (*Stipa ichu*).
3. Difundir de la presente investigación a los profesionales de ingeniería ambiental, estudiantes y profesionales interesados en la materia a fin de profundizar y trabajo con la remediación de suelo con la aplicación de la planta Ichu (*Stipa ichu*).

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Arístides Sotomayor (2014). Remediación de Pasivos Ambientales Mineros. Lima-Perú.
- R. Millán, R.O. Carpena, T. Schmid, M.J. Sierra, E. Moreno, J. Peñalosa, R. Gamarra, E. Esteban (2007) estudio Rehabilitación de suelos contaminados con mercurio: estrategias aplicables en el área de Almadén- España.
- José Luis Saiz Díaz, Felipe Macías Vázquez, Antonio José López Fernández, Carlos Juan Ceacero Ruiz (2010) recuperación de suelos e integración paisajística en áreas degradadas por explotaciones mineras en la faja pirítica andaluza-España.
- Alejandro L. Cortijo (2018) Remediación de suelos de minas: La Zanja, Perú.
- Enoc Jara-Peña, José Gómez, Haydeé Montoya, Magda Chanco, Mauro Mariano y Noema Cano. Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados.
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2013). Evaluación y diagnóstico de pasivos ambientales mineros en la Cantera Villa Gloria en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá.
- Dr. Roberto Rodríguez, Ing. Maria Del Rocío Estupiñán, Dra. Mónica Iglesias y Ing. Efraín Castillo. Dr. Roberto Rodríguez, Ing. Maria Del Rocío Estupiñán, Dra. Mónica Iglesias y Ing. Efraín Castillo (2007). Evaluación del Riesgo Ambiental de los Pasivos Ambientales de la Cuenca Alta del Río Santa en el Departamento de Ancash, Perú.
- Informe Quincenal de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía – Octubre del 2008-Lima-Perú.
- ACTIVOS MINEROS S.A.C. (2008) Plan de Cierre del Pasivo Depósito de Desmonte Excelsior - Perú
- Roberto Oyarzun, Pablo Higuera y Javier Lillo-Ediciones GEMM-(2011). Una introducción a los Impactos y su Remediación- España.

Ángel Ricra López- jueves, 6 de febrero de 2014-Pasco. Basta de Anestias Señor Ministro de Energía y Minas: Urgente Cierre de Pasivos Ambientales en Pasco.

Jorge Oyarzún Muñoz- La Serena, (Junio 2008). Planes de Cierre Mineros.

Félix Lewandowsk y Henry Arcos R. - Cajamarca-Perú (2012). Remediación de Pasivos Ambientales Mineros En Hualgayoc.

Autoridad Nacional del Agua (2010). Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Autoridad Nacional Del Agua – DGCRH - Ministerio de Agricultura

Ministerio del Ambiente (2017). Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Servicios Analíticos Generales SAC (2018). Resultados de Parámetros Físicos y Químicos de la laguna Yanamate.

Edgar Walter Pérez Juzcamayta (2015). “Acumulación de Metales Pesados en Plantas Nativas en los Relaves de los Pasivos Ambientales de la Mina Cercapuquio S.A., Chongos Alto, Chupaca”.

Carlos Reynel (2012). Guía de identificación de las plantas comunes del derecho de vía del ducto de Perú LNG.

Gutiérrez H, Castañeda R. Hvca. (2014). Especie de su capacidad de adaptarse en residuos mineros.

Páginas de Internet

1. Carlos Sabino (1994). Como hacer una tesis. Recuperado de:
http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bmn/como_hacer_una_tesis.pdf
2. Activos Mineros (2018). Remediacion. Recuperado de:
<http://www.activosmineros.com.pe/>
3. Ministerio de Energía y Minas(2018) Información de Pasivos Ambientales. Recuperado de: <http://www.mem.com.pe/>

4. Universidades Privadas Nacionales (2018) Elaboración de tesis. Recuperado de: <http://www.tesisperu.org/>
5. Metodología de la Investigación. Recuperado de: <https://explorable.com/es/metodologia-de-la-investigacion>. 2008 Metodología de la Investigación.
6. Historia de la Ciencia y el Método Científico- Ramón Ruiz Limón extraído de: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2007b/283/82.htm>.
7. La estructura de la tesis. Un modelo estándar para grados de licenciatura y máster en disciplinas de ciencias de la administración y ciencias sociales. Extraído de http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/guia_tesis/guia_tesis_archivos/principal.htm
8. ¿Cómo estructurar una tesis?. Extraído de <http://blog.udlap.mx/blog/2014/10/comoestructurarunatesis/>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

" REMEDIACIÓN DE SUELOS Y FLORA DEGRADADOS AL CONTORNO DE LA LAGUNA DE YANAMATE AFECTADOS POR LAS AGUAS ACIDAS PROVENIENTES DE LA UNIDAD ADMINISTRATIVA CERRO SAC DE VOLCÁN COMPAÑÍA MINERA S.A.A.-2018

Problema	Objetivos	Hipótesis
Problemas Generales	Objetivo General	Hipótesis General
¿Cómo remediar los suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.?	Plantear la remediar de los suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.	Con la incorporación de suelo y flora de especies nativas de la zona se remediará los suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas
¿Qué característica presenta los suelos degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.?	Determinar las características que presenta los suelos degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.	Con el levantamiento de información en campo determinaremos las características que presenta los suelos degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.
¿Qué materiales y flora se podrá utilizar para la recuperación suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.?	Fundamentar los materiales y flora que se podrá utilizar para la recuperación suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.	Para la remediación se utilizará suelo y flora de especies nativas de la zona se podrá utilizar para la recuperación suelos y flora degradados al contorno de la laguna de Yanamate afectados por las aguas acidas provenientes de la unidad administrativa Cerro SAC de Volcán Compañía Minera S.A.A.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tipo y/o Diseño	Población y Muestra	Técnicas e Instrumentos	Tratamiento Estadístico
<p>La investigación planeada es del tipo exploratoria, con este tipo de investigación nos permitirá evaluar el aprovechamiento y remediación de la laguna de Yanamate.</p> <p>El diseño de la presente investigación es de carácter observacional y transversal; es considerada observacional ya que evaluaremos el proceso de aprovechamiento y remediación de las áreas degradadas en la laguna de Yanamate y transversal ya que en este diseño se realizó en una sola medición.</p>	Población	Técnicas	Validación del instrumento
	<p>El presente estudio de investigación se realizará en la zona denominada laguna de Yanamate que tiene un área de depósito de aguas ácidas y terrenos aledaños que cubre un área de 4 km² el área aproximada.</p>	<p>A. Recopilación de información de Gabinete</p> <p>B. Recopilación de información de Campo</p>	<p>El instrumento será sometido al juicio de 03 expertos, quienes valorarán su opinión en una ficha preparada para tal fin.</p>
	Muestra	Instrumentos	Para el análisis de datos
	<p>Como muestra tendremos un área obtenido de manera aleatoria de 20 m² para diseñar un modelo de remediación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - GPS - Formularios - Fichas de Observación. - Cámara Fotográfica 	<p>La técnica de comprobación de hipótesis será: La hipótesis como proposición que establece relación entre los hechos</p>

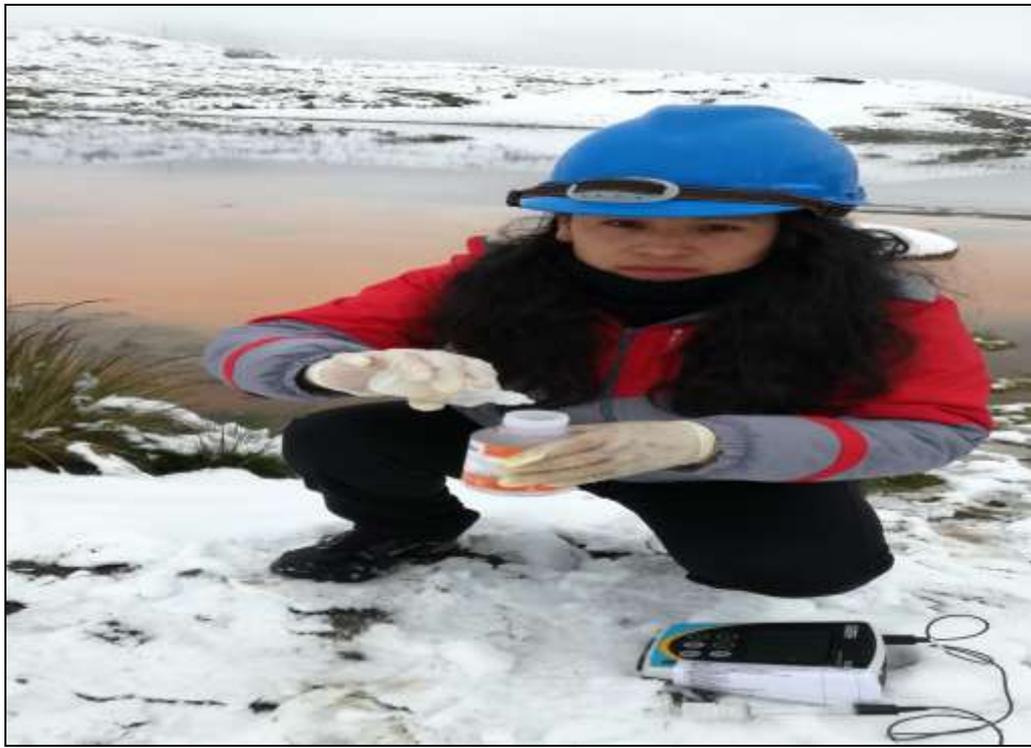
ANEXO N° 02

IMÁGENES ADICIONALES DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA

MONITOREO DE LAS AGUAS DE LA LAGUNA DE YANAMATE



PRESERVADO DE MUESTRAS



MUESTREO DE SUELOS



ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRAS PARA SU ENVIÓ A LIMA



UBICACIÓN DE PUNTOS GEOGRÁFICOS CON GPS



ANEXO N°3

Informe de ensayo del laboratorio acreditado INICIO

ANEXO N°4

Informe de ensayo del laboratorio acreditado FINAL