



**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO PARA  
DETERMINAR LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN LAS ÁREAS  
INTERMEDIAS EL PROYECTO MINERO REGINA**

**PRESENTADA POR EL BACHILLER**

**MITZI PIERINA HIGINIO LUDEÑA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**LIMA - PERÚ**

**2017**

## **DEDICATORIA**

La presente tesis la dedico inicialmente a Dios porque gracias a él, pude culminar esta etapa, asimismo por guiarme y cuidarme en cada paso de mi vida.

A mi mamá, por ser mi compañera de vida, por incentivarme a seguir a pesar de las adversidades, por ser ejemplo, por ser mí pilar, y por su eterno amor incondicional.

A mi papá, por su inalcanzable apoyo y comprensión, por siempre cuidar de mí sin importar la distancia, y el tiempo.

A mis hermanos por ser parte fundamental en mi vida, porque gracias a ustedes intento ser mejor día a día, para lograr ser un buen ejemplo para ustedes.

## **AGRADECIMIENTO**

A la UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS, por haberme otorgado la posibilidad de estudiar cinco (05) años la carrera de Ingeniera Ambiental, siendo base fundamental en mi preparación como profesional, así como permitirme obtener el título de pregrado.

Mi más profundo y sincero agradecimiento a mis maestros S. Valle y P. Alvarez, por sus consejos, enseñanzas, paciencia, por su orientación constante, por su apoyo, por aportar en mi formación profesional, y darme la oportunidad de aprender día a día.

A mi asesor, Ing. Alvarez, por su seguimiento, supervisión constante, por el apoyo recibido para el desarrollo de la presente tesis.

Muchas gracias estimados ingenieros, y padres profesionales, por ser ejemplo, y motivación constante, que Dios los cuide, y siga iluminando sus vidas.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>p.</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO.....</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE MAPAS .....</b>	<b>i</b>
<b>GLOSARIO DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vi</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>vii</b>
<b>CAPÍTULO 1 Planteamiento Metodológico.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1 CARACTERIZACIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>8</b>
1.2.1 Problema principal.....	8
1.2.2 Problema Específico.....	8
<b>1.3 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.3.1 Objetivo de General.....	9

1.3.2	Objetivos Específicos.....	9
<b>1.4</b>	<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>1.5</b>	<b>IMPORTANCIA .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 2 Fundamentos Teóricos.....</b>		<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>10</b>
2.1.1	Antecedentes de la Investigación.....	10
<b>2.2</b>	<b>MARCO LEGAL .....</b>	<b>16</b>
2.2.1	Ley General del Ambiente.....	16
2.2.2	Ministerio de ambiente (MINAM).....	17
2.2.3	Aprobación de Guías para el Muestreo de Suelos y Planes de Descontaminación... .....	19
<b>2.3</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>19</b>
2.3.1	Etapas de un proyecto minero.....	19
2.3.2	Sitios contaminados.....	20
2.3.3	Suelo industrial/extractivo.....	20
2.3.4	Evaluación de riesgos a la salud y ambiente.....	20
2.3.5	Autoridad competente.....	21
2.3.6	Caracterización de sitios contaminados.....	21
2.3.7	Muestreo de Identificación.....	21
2.3.8	Muestreo de detalle.....	22
2.3.9	Muestreo de comprobación.....	22
2.3.10	Muestreo de Nivel de Fondo.....	22
2.3.11	Nivel de Fondo.....	22

2.3.12	Suelo contaminado.....	22
2.3.13	Textura de suelo.....	23
2.3.14	Estándar de Calidad Ambiental.....	23
2.3.15	Patrón de muestreo.....	23
2.3.16	Área de Influencia Directa (AID). ....	24
2.3.17	Área de Influencia Directa Ambiental (AIDA).....	24
2.3.18	Área de Influencia Directa Social (AIDS). ....	24
2.3.19	Área de Influencia Indirecta (AII). ....	24
2.3.20	Área de Influencia Indirecta Ambiental (AIIA).....	25
2.3.21	Área de Influencia Indirecta Social (AIIS). ....	25
2.3.22	Área del proyecto (AP). ....	25
2.3.23	Contaminación Ambiental. ....	25
2.3.24	Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d).....	26
2.3.25	Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA-sd).....	26
2.3.26	Evaluación de Impacto Ambiental.....	26
2.3.27	Fuente de información primaria.....	27
2.3.28	Fuentes de información secundarias. ....	27
2.3.29	Gestión Ambiental (GA).....	27
2.3.30	Impactos Directos. ....	28
2.3.31	Formación de suelos .....	28
2.3.32	Composición del Suelo .....	29
2.3.33	Propiedad Físicas del Suelo. ....	29
2.3.34	Suelos orgánicos .....	30
2.3.35	Formación de Horizontes de Suelos.....	31
<b>2.4</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>33</b>

2.4.1	Suelo. ....	33
2.4.2	Identificación. ....	33
2.4.3	Evaluación.....	33
2.4.4	Calidad de suelo.....	33
2.4.5	Metales pesados. ....	34
2.4.6	Área intermedia.....	34
2.4.7	Proyecto minero.....	34
2.4.8	Ambiente.....	34
2.4.9	Contaminante. ....	35
2.4.10	Parámetro. ....	35
2.4.11	Nivel de fondo (NF).....	35
2.4.12	Geo-referenciación.....	35
2.4.13	GPS. ....	36
2.4.14	Envase.....	36
2.4.15	Riesgo. ....	36
2.4.16	Bioacumulación. ....	37
2.4.17	Protección Ambiental.....	37
<b>CAPÍTULO 3 Planteamiento Metodológico .....</b>		<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>38</b>
3.1.1	Ubicación Geográfica. ....	38
3.1.2	Procedimiento para la toma de muestras.....	40
3.1.3	Tipo de investigación.....	42
3.1.4	Nivel de investigación.....	43
3.1.5	Método de la investigación. ....	43

3.1.6	Diseño de la investigación. ....	44
<b>3.2</b>	<b>HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>44</b>
3.2.1	Hipótesis General.....	44
3.2.2	Hipótesis Específico.....	44
<b>3.3</b>	<b>VARIABLES E INDICADORES .....</b>	<b>45</b>
3.3.1	Variable Independiente.....	45
3.3.2	Variable Dependiente.....	45
<b>3.4</b>	<b>COBERTURA DE ESTUDIO.....</b>	<b>45</b>
3.4.1	Universo.....	45
3.4.2	Población.....	45
3.4.3	Muestra.....	45
<b>3.5</b>	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>46</b>
3.5.1	Diseño.....	46
3.5.2	Técnicas.....	47
3.5.3	Instrumentos.....	49
<b>3.6</b>	<b>LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>50</b>
<b>CAPÍTULO 4 Organización, presentación y análisis de resultados.....</b>		<b>50</b>
<b>4.1</b>	<b>DIAGNÓSTICO SOCIO AMBIENTAL .....</b>	<b>50</b>
4.1.1	Geología.....	50
4.1.2	Geología Estructural.....	52
4.1.3	Hidrológicas.....	54
4.1.4	Datos climáticos.....	54
4.1.5	Unidades de vegetación.....	56



4.1.6	Suelos.....	60
4.1.7	Ambiente biológico.....	71
4.1.8	Ambiente social. ....	71
<b>4.2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO MINERO REGINA.....</b>	<b>71</b>
4.2.1	Pasivos ambientales. ....	72
<b>4.3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>73</b>
4.3.1	Muestras Influenciadas por la Mineralogía del área. ....	83
4.3.2	Muestras de suelos que superan el Estándar de Calidad Ambiental. ....	86
<b>4.4</b>	<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS.....</b>	<b>89</b>
4.4.1	Muestras Influenciadas por la Mineralogía del área. ....	89
4.4.2	Muestras que sobrepasan el ECA para suelo .....	97
<b>4.5</b>	<b>CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>106</b>
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>108</b>
<b>CAPÍTULO 7</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>109</b>
<b>Bibliografía.....</b>		<b>110</b>
<b>Linkografía.....</b>		<b>111</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Tipo de muestreo de suelo .....	42
Cuadro 2	Geología del área de estudio – Mina Regina .....	51
Cuadro 3	Unidades de vegetación presentes en el área de estudio.....	58

Cuadro 4	Unidades de suelo identificadas en el área de estudio .....	60
Cuadro 5	Capacidad de Uso mayor de suelos en el área de estudio.....	64
Cuadro 6	Uso actual del Suelo clasificada en el área de estudio.....	67
Cuadro 7	Uso futuro de suelo clasificada en el área de estudio .....	69
Cuadro 8	Estaciones de muestreo de suelos .....	73
Cuadro 9	Posibles fuentes.....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Estándares de Calidad Ambiental para Suelo.....	46
Tabla 2	ECA para Suelo .....	76
Tabla 3	Resultados de las muestras de suelo.....	77
Tabla 4	Muestras de suelo influenciadas por la Mineralogía del área.....	83
Tabla 5	Muestras que superan el ECA para Suelo .....	86
Tabla 6	Presencia del Arsénico de origen natural .....	90
Tabla 7	Muestras influenciadas por Mercurio.....	93
Tabla 8	Plomo.....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura N° 1</i>	Composición de suelos.....	29
<i>Figura N° 2</i>	Suelo orgánico.....	31
<i>Figura N° 3</i>	Suelo adiciones, movimientos, cambios, perdidas.....	32
<i>Figura N° 4</i>	Participación de muestras.....	40
<i>Figura N° 5</i>	Descriptivo correlacional simple.....	44
<i>Figura N° 6</i>	Estaciones de muestreo con presencia de Arsénico (As) .....	92
<i>Figura N° 7</i>	Mercurio (Hg) .....	95
<i>Figura N° 8</i>	Estaciones de muestreo con presencia de Plomo (Pb) .....	97
<i>Figura N° 9</i>	Arsénico .....	102
<i>Figura N° 10</i>	Mercurio (Hg).....	104
<i>Figura N° 11</i>	Plomo (Pb) .....	105
<i>Figura N° 12</i>	Porcentaje de muestras de suelo con concentración de metales .....	106
<i>Figura N° 13</i>	Porcentaje de influencia.....	107

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa N° 1	Ubicación del Proyecto Minero Regina .....	39
Mapa N° 2	Geológico .....	53
Mapa N° 3	Unidades de vegetación.....	59
Mapa N° 4	Unidades de Suelos .....	62
Mapa N° 5	Capacidad de uso mayor .....	65

Mapa N° 6	Uso Actual del Proyecto Regina .....	68
Mapa N° 7	Uso futuro del Proyecto Regina. ....	70
Mapa N° 8	Estaciones de muestreo influenciadas por la geología .....	85
Mapa N° 9	Estaciones de muestreo que superan el ECA para suelo.....	88

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

UAP: Universidad Alas Peruanas

MINAM: Ministerio del Ambiente

MINEM: Ministerio de Energía y Minas

ECA: Estándar de Calidad Ambiental

ERSA: Evaluación de Riesgos para la Salud y el Ambiente

AID: Área de Influencia Directa

AIDA: Área de Influencia Directa Ambiental

AIDS: Área de Influencia Directa Social

AII: Área de Influencia Indirecta

AIIA: Área de Influencia Indirecta Ambiental

AIIS: Área de Influencia Indirecta Social

AP: Área del Proyecto

EIA-d: Estudio de Impacto Ambiental Detallado

EIA-sd: Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado

PAMA: Programa de Adecuación y Manejo Ambiental

GA: Gestión Ambiental

NF: Nivel de Fondo

GPS: Global Positioning System

UTM: Universal Transverse Mercator

UGI: Unión Geográfica Internacional

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

IGP: Instituto Geofísico del Perú

OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

SERNANP: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas

IIAP: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana

SENACE: Servicio Nacional de Certificación Ambiental para Inversiones Sostenibles.

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el proyecto Regina se encuentra ubicado en el paraje Choquene, distrito de Ananea y Quilcapuncu, en la provincia de San Antonio de Putina, departamento de Puno.

Fue realizado dado que en la actualidad las compañías mineras desarrollan planes de cierre de acuerdo a la normativa ambiental vigente, de los componentes principales y secundarios, los cuales se encuentran dentro del área efectiva, área de influencia ambiental perteneciente a las unidades mineras o unidades económicas administrativas. Pero no se hacen cargo de las áreas intermedias que podrían estar contaminadas por metales pesados, ya sea por influencia de los componentes o por la mineralogía propia del lugar. Esto debido a que ninguna normativa ambiental lo exigía, hasta lo promulgado en el D.S. N° 002-20013-MINAM, D.S. N° 002-2014-MINAM, y en la Guía de Muestreo de Suelo, aprobada por la R.M N° 085-2014-MINAM.

Se estableció cuarenta y seis muestras, de las cuales un 84% contiene arsénico, seguido por el plomo, cuya concentración en las muestras evaluadas representa un 11%, continuado por mercurio, que se presenta en un porcentaje menor en las muestras de suelo, siendo un 5% su representatividad.

Las fuentes identificadas corresponden a las labores mineras situadas dentro del área de estudio, los cuales son Bocamina San Marcelo, Bocamina 3, Bocamina 5, Relavera Antigua A. Estos se encuentran identificado en el Plan de Cierre de Pasivos Ambientales del Proyecto Regina aprobado mediante la R.D N° 488-2015-MEM-DGAAM.



## ABSTRACT

The present investigation was carried out in the project Regina, which is located in the place Choquene, Ananea and Quilcapuncu district, San Antonio de Putina province, Puno department.

It was carried out as current mining companies develop closure plans in accordance with current environmental regulations of the principal and secondary components, which are in the effective area, environmental influence area, pertaining to mining units or administrative economic units. But they do not take care of the intermediate areas that could be contaminated by heavy metals, either by influence of the components or by the local mineralogy. This was due to the fact that environmental regulations required it, until promulgated in D.S. No. 002-20013-MINAM, D.S. No. 002-2014-MINAM, and in the Land Sampling Guide, approved by R.M. No. 085-2014-MINAM.

Forty-six samples, of which 84% percent contain arsenic, followed by lead, whose concentration in the samples evaluated represents 11% percent, continued by mercury, which is present in a smaller percentage in the soil samples, being 5% its representativity.

The identified sources correspond to the mining works located within the study area, which are San Marcelo Bocamina, three Bocamina, five Bocamina, Relavera Antigua A. These are identified in the Plan of Closing of Environmental Liabilities of the Regina Project approved by the RD No. 488-2015-MEM-DGAAM.

## INTRODUCCIÓN

El Perú es un país minero, cuyas actividades mineras datan desde tiempos inmemoriales. Esto debido a que nuestro país es un potencial geológico. En la cordillera de los andes se emplaza la principal fuente de recursos minerales. De igual forma, en nuestro territorio se posee un alto potencial en minería no metálica, comprendida por boratos, diatomita, bentonita, roca fosfórica y travertino, entre otros.

La Minería era usada en los tiempos pre-inca e inca, para la élite política y religiosa. Después de la conquista, la minería se convirtió en el gran soporte económico del virreinato.

Con el paso de los años, fue una necesidad mantener un equilibrio entre las actividades mineras y el medio ambiente. Por esa razón se fueron estableciendo normativas que puedan regular las actividades mineras, asegurando un desarrollo sostenible, es decir que la actividad minera se siga desarrollando por su importancia en la economía peruana, pero sin comprometer los recursos naturales que posee nuestra país.

Por tal motivo, y a fin de continuar manteniendo el equilibrio en la actividad minera y el cuidado de nuestro medio ambiente, se desarrolla la presente tesis.

## **CAPÍTULO 1      Planteamiento Metodológico**

### **1.1    Caracterización de la realidad problemática**

En cumplimiento de la normativa ambiental vigente, actualmente las compañías mineras vienen elaborando planes de cierre de mina de los componentes principales, y auxiliares. En dichos informes se indican las medidas necesarias que tienen que ser contempladas antes, durante y después del cierre de las minas, a fin de que las áreas donde se emplazaron todos los componentes mineros logren condiciones ambientales apropiadas para el desarrollo biológico, así como la preservación del paisaje del lugar comprometido. Sin embargo, es preciso mencionar que en los planes de cierre no se consideran las áreas intermedias entre los componentes que podrían presentar desvíos ambientales por presencia de metales pesados, ya sea por influencia de las actividades mineras o por mineralogía propia del lugar.

### **1.2    Formulación del Problema**

#### **1.2.1    Problema principal.**

¿En qué medida la presencia de metales pesados se ha identificado en el suelo de las áreas intermedias del proyecto minero Regina?

#### **1.2.2    Problema Específico.**

- ¿Cuáles son las características mineralógicas de las muestras de suelo del proyecto minero Regina?

- ¿Cuál es el grado de concentración de metales pesados en las muestras de suelo del proyecto minero Regina?

### **1.3 Objetivo de la Investigación**

#### **1.3.1 Objetivo de General.**

Determinar porque se identifica la presencia de metales pesados en las áreas intermedias del proyecto minero Regina.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

- Determinar las características mineralógicas de las muestras de suelo en el proyecto minero Regina.
- Evaluar el grado de concentración de metales (Arsénico, Plomo, y Mercurio), en las muestras de suelo del proyecto Regina.

### **1.4 Justificación**

El motivo por el cual se llevará a cabo la investigación científica, es debido a que las empresas mineras solo consideran los componentes mineros en el Plan de Cierre Minero (PCM), exceptuando los sitios que se encuentran en las áreas intermedias de los componentes.

Por tal motivo en el presente estudio se identificará y evaluará las áreas intermedias de los componentes mineros que pertenecen al proyecto Regina, los cuales podrían estar contaminados.

## **1.5 Importancia**

En el Perú la minería es fundamental para el crecimiento económico. Asimismo es necesario lograr un equilibrio entre la minería y el ambiente. Por tal razón es importante realizar estudios a los sitios que no se detallan en el Plan de Cierre, y los cuales pertenecen al área de influencia directa, para así conocer cuáles son las zonas que se encuentran contaminados o se encuentran en buen estado, todo esto antes de que finalice la etapa de explotación. A fin de que el titular minero elabore un plan de remediación para solucionar en caso existiera algún tipo de contaminación.

Logrando de esta manera minimizar sitios contaminados a causa de la actividad minera en el distrito de Quilcapuncu, lugar donde se encuentra el proyecto minero Regina.

## **CAPÍTULO 2 Fundamentos Teóricos**

### **2.1 Marco Referencial**

#### **2.1.1 Antecedentes de la Investigación.**

Gavilanes Vaca, Rubén Alfredo, & Calle Guadalupe, Luis Alberto (2013)

DETERMINACIÓN DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS EN SUELOS CONTAMINADOS POR LA INDUSTRIA PETROLERA.

Resumen:

Determinación del contenido de hidrocarburos aromáticos policíclicos, HAPs en suelos contaminados por derrames petroleros. Para esto se estructura un procedimiento en base a métodos normalizados, en el cual las muestras obtenidas son sometidas a un pre tratamiento

de secado y homogenización. Posteriormente la extracción de los hidrocarburos se realiza en fase sólida con agitación y centrifugación, mientras que la determinación y cuantificación se efectúa en un HPLC con detectores de fluorescencia y arreglo de diodos usando un estándar que contiene los 16 HAPs considerados como contaminantes prioritarios por la EPA. La confiabilidad del procedimiento se probó a través del porcentaje de recuperación; de los 12 HAP's encontrados en las muestras de suelo, los resultados obtenidos demostraron mayor presencia de fenantreno y criseno. Se concluye que el procedimiento es aceptable para 9 de los 15 compuestos calibrados, tomando en cuenta que se trata de una determinación a nivel de trazas, ya que el intervalo del porcentaje de recuperación varía entre 80% y 113% para el acenaftileno, acenafteno, fenantreno, antraceno, pireno, benzo[a]pireno, benzo[b]fluoranteno, benzo[k]fluoranteno, benzo[g,h,i]perileno; para cuatro de los compuestos restantes, el fluoreno, fluoranteno, 1,2-benzoantraceno y criseno se obtuvo una recuperación media entre 60% y 76%; una baja recuperación de 32% para el dibenzo[a,h]antraceno y recuperabilidad nula para el naftaleno.

Golder Associates (2012)

ESTUDIO COMPLEMENTARIO DE SUELOS DE LA UNIDAD MINERA SAN  
RAFAEL.

Resumen:

La Unidad Minera San Rafael se encuentra emplazada en el distrito de Antauta, provincia de Melgar, región de Puno, a una altitud aproximada de 4 700 msnm, en la cordillera de los Andes del Perú.

Con la finalidad de determinar las concentraciones de metales en los suelos, se tomaron un total de 22 muestras de suelos, estas muestras fueron recolectadas del primer horizonte, equivalente al horizonte A y/o al horizonte O dependiendo del tipo de suelo.

Los suelos en el AES son minerales y orgánicos, con predominancia de los primeros. Presentan un escaso a incipiente desarrollo genético, siendo consecuencias los horizontes A-C-Cr, A-C, A-Cr, O-C, y A-O

#### Conclusiones:

- De acuerdo con la Clasificación Taxonómica de los Suelos (USDA 2010), en el AES, se determinaron siete (07) unidades taxonómicas, a nivel de sub grupo, pertenecientes a los órdenes Entisols, Inceptisols y Histosols, reconociéndose dos áreas misceláneas: Misceláneo Roca y Misceláneo Nevado.
- El material parental de los suelos son de dos tipos: residual, con dos subtipos: mineral y orgánico, y transportado, con los subtipos coluvial, coluvio-aluvial y fluvioglacial.
- Las clases texturales dominantes son franco arenosa y franca, con capas orgánicas, y con estructura en los horizontes O, A y AC, mientras que en el horizonte C, la estructura es ausente.

- En relación con las propiedades químicas, los suelos del AES son de reacción extremadamente ácida a fuertemente ácida, sin carbonatos, de fertilidad química de media a baja, con contenidos de altos a bajos de materia orgánica, nitrógeno mineral, fósforo disponible y potasio disponible.
- De acuerdo con la capacidad de uso mayor de las tierras, en el AES las tierras son aptas para pastos, de calidad agrológica baja (P3), y tierras para protección (X), con limitaciones principalmente por suelo, erosión-pendiente y clima.
- Según las categoría de uso actual de las tierras, se identificaron cuatro categorías de uso: Categoría 1: Áreas con Componentes Mineros, Categoría 6: Praderas Naturales, Categoría 8: Terrenos Hidromórficos, y Categoría 9: Matorral, Áreas con Escasa a Nula Cobertura Vegetal, Vegetación de Roquedal, Nevados y Lagunas.
- De acuerdo con los resultados de los análisis de concentración de metales en el AES, se registran cinco (05) metales con valores que sobrepasan los valores guía del CCME (2007): arsénico, cobre, plomo, talio y zinc. El arsénico se registró con valores que sobrepasan los valores guía para la agricultura y la industria, en todas las calicatas evaluadas en el AES; por lo que no se descartaría que su procedencia sea de forma natural. En el caso del cobre se registró con valores que sobrepasan los valores guía para la agricultura y la industria, en ocho (08) calicatas; mientras que el zinc y el talio en una (01) calicata y seis (06) calicatas, respectivamente.



Almada, Francisco (2006)

## CONTAMINACIÓN DE SUELOS POR METALES PESADOS EN SUELOS PROVOCADO POR LA INDUSTRIA MINERA

### Resumen:

El área se encuentra en San Francisco del Oro, Chihuahua en el área de influencia de la presa de Jales la cual es un área de confinamiento de los desechos de la industria minera, abarcó 3 km lineales en dirección de vientos dominantes a partir de la fuente de contaminación. Se extrajeron 30 muestras de suelo para análisis de concentraciones de metales y de características físico-químicas a tres diferentes profundidades: 0-40, 40-60 y 60-80 cm en 10 sitios la distancia entre sitios fue de 300 m. La concentración de metales se evaluó utilizando la técnica ICP, las muestras con pequeñas concentraciones se leyeron mediante absorción atómica. El análisis estadístico fue modelos de regresión entre características físico-químicas, distancias, profundidades y concentraciones de metales pesados. Los resultados muestran que la mayor concentración se da en sitios cercanos a los jales, disminuyendo la concentración a medida que se aleja de ellos. Todos los elementos sobrepasan los rangos establecidos por las agencias internacionales. El Arsénico se asoció con distancia a la fuente, textura y materia orgánica; el Plomo con la distancia a la fuente y textura; el Cinc con distancia a la fuente y el Cadmio con la distancia a la fuente, pH y profundidad de suelo.

### Conclusión:

Los cuatro elementos estudiados, presentaron una mayor acumulación en los 2 sitios cercanos a la presa de Jales, esto es los primeros 600 m. En estos dos sitios la concentración de As, Pb y Zn, fueron mayores en las profundidades de 40-60 y 60-80 cm que en la superficie.

Solano Marín, Antonia (2006)

#### MOVILIZACIÓN DE METALES PESADOS EN RESIDUOS Y SUELOS INDUSTRIALES AFECTADOS POR LA HIDROMETALURGIA DEL ZINC.

Resumen:

Entre las actividades potencialmente contaminantes del suelo se encuentra la industria de obtención de cinc, que, a lo largo de la historia, ha generado cantidades importantes de residuos con elevados contenidos de metales pesados depositados en las inmediaciones de sus instalaciones hasta épocas recientes. Después de la promulgación del RD 9/2005, dicha contaminación y el riesgo que conlleva deberán ser evaluados en los diferentes emplazamientos.

El estudio de la relación que existe entre la movilización y las características químicas y mineralógicas de los mismos, ya que el conocimiento de estos materiales y de las condiciones de movilización de los metales estudiados puede ayudar al estudio metodológico de evaluación de la contaminación así como al análisis de riesgos que permita la toma de decisiones ante la posible recuperación de tales terrenos.

## **2.2 Marco Legal**

### **2.2.1 Ley General del Ambiente.**

La Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, modificada mediante el D.L. N° 1055, establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y contribución a la protección del ambiente, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país. Para tal efecto establece como instrumentos, entre otros:

- Estudio de Impacto Ambiental (EIA): Contienen una descripción de la actividad propuesta y de los efectos directos o indirectos previsibles de dicha actividad en el medio ambiente físico y social, a corto y largo plazo, así como la evaluación técnica de los mismos. Deben indicar las medidas necesarias para evitar o reducir el daño a niveles tolerables e incluirá un breve resumen del estudio para efectos de su publicidad. La ley de la materia señala los demás requisitos que deben contener los EIA (Art. 25°).
- Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA): Tienen como objetivo facilitar la adecuación de una actividad económica a obligaciones ambientales nuevas, debiendo asegurar su debido cumplimiento en plazos que establezcan las respectivas normas, a través de objetivos de desempeño ambiental explícitos, metas y un cronograma de avance de cumplimiento, así como las medidas de

prevención, control, mitigación, recuperación y eventual compensación que corresponda (Art. 26°).

- **Plan de Cierre de Actividades:** Mediante éstos los titulares de todas las actividades económicas garantizan que al cierre de las actividades o instalaciones no subsistirán impactos ambientales negativos de carácter significativo, debiendo considerar tal aspecto al diseñar y aplicar los instrumentos de gestión ambiental que les correspondan de conformidad con el marco legal vigente (Art. 27°).

Asimismo, establece las normas básicas acerca de la organización del estado referente a aspectos ambientales, las responsabilidades de la población y empresas, la participación ciudadana, aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, la conservación de la diversidad biológica, calidad ambiental, el rol de la ciencia, tecnología y educación ambiental, fiscalización y control y sanciones.

### **2.2.2 Ministerio de ambiente (MINAM).**

El MINAM fue creado mediante el D.L. N° 1013, en mayo del 2008, el mismo que, en conjunto con el D.L. N° 1039, establece la organización y funciones del mismo. Su función general es diseñar, establecer, ejecutar y supervisar la política nacional y sectorial ambiental, asumiendo la rectoría con respecto a ella. Tiene como objetivos la conservación del ambiente, de modo tal que se propicie y asegure el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y del medio que los sustenta, que permita contribuir al desarrollo integral social, económico y cultural de la persona humana. Asimismo al MINAM se adscriben los siguientes organismos públicos:

- El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

- El Instituto Geofísico del Perú (IGP).
- El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).
- El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP), y
- El Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP).
- Servicio Nacional de Certificación Ambiental para Inversiones Sostenibles (SENACE)

#### ***2.2.2.1 Estándar de Calidad Ambiental para Suelo***

Mediante el D.S. N° 002-2013-MINAM han publicado los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo los que son aplicables a todo proyecto y actividad, cuyo desarrollo dentro del territorio nacional genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia.

Para el caso de proyectos nuevos, los titulares están obligados a determinar como parte de su Instrumento de Gestión Ambiental, la concentración de las sustancias químicas, que caracteriza sus actividades extractivas, productivas o de servicios, en el suelo de su emplazamiento y áreas de influencia. Los proyectos establecerán los mecanismos y acciones que deberán incluir en las estrategias de manejo ambiental.

#### ***2.2.2.2 Aprueban disposiciones complementarias para la aplicación de ECA para Suelo***

El 24 de marzo de 2014, mediante el D.S N° 002-2014-MINAM, se aprueban las disposiciones complementarias para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo, el cual establece y definen las fases que debe tener la adecuación para

determinar los Estándares de Calidad Ambiental del Suelo: Fase de Identificación de Sitios Contaminados, Fase de Caracterización y Fase de Remediación. Los resultados de la primera fase serán sistematizados y estructurados de acuerdo al Informe de Identificación de Sitios Contaminados cuyo formato se encuentra establecido en la Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos.

### **2.2.3 Aprobación de Guías para el Muestreo de Suelos y Planes de Descontaminación.**

La R.M. N° 085-2014-MINAM, establece que los procedimientos y disposiciones aquí mencionadas son de aplicación y cumplimiento obligatorio para ejecutar los procesos de descontaminación en trámite o a iniciarse independientemente de su ámbito de ejecución.

## **2.3 Marco Conceptual**

### **2.3.1 Etapas de un proyecto minero.**

“Las etapas de un proyecto minero son las siguientes” (Herrera, 2008)

- Prospección
- Exploración
- Evaluación del proyecto
- Desarrollo y construcción
- Producción o explotación
- Cierre

### **2.3.2 Sitios contaminados.**

Aquel suelo cuyas características químicas han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias químicas contaminantes depositadas por la actividad humana, en concentraciones tal que en función del uso actual o previsto del sitio y sus alrededores represente un riesgo a la salud humana o al ambiente.<sup>1</sup>

### **2.3.3 Suelo industrial/extractivo.**

Suelo en el cual, la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.<sup>2</sup>

### **2.3.4 Evaluación de riesgos a la salud y ambiente.**

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

---

<sup>1</sup> Ministerio del Ambiente. (2013). D.S. N° 002-2013-MINAM. Estándar de Calidad Ambiental para Suelo. Lima, Perú. El Peruano.

<sup>2</sup> Ministerio del Ambiente. (2014). R.M. N° 085-2014-MINAM. Guía para la elaboración de los Planes de Descontaminación de Suelos. Lima, Perú.

### **2.3.5 Autoridad competente.**

Entidad del Estado del nivel nacional, regional o local que con arreglo a sus atribuciones y según lo disponga su normativa específicas ejerce competencia en materia de evaluación de impacto ambiental, en el marco de lo establecido por la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, y demás disposiciones complementarias o modificatorias.<sup>3</sup>

### **2.3.6 Caracterización de sitios contaminados.**

Determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes químicos o biológicos presentes, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación.<sup>4</sup>

### **2.3.7 Muestreo de Identificación.**

Es aquel orientado a identificar si el suelo está contaminado o no. Entiéndase que toda referencia hecha al muestreo exploratorio en el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, se entenderá como referida al muestreo de identificación.

---

<sup>3</sup>Ministerio del Ambiente. (2014). R.M. N° 085-2014-MINAM. Guía para Muestreo de Suelos. Lima, Perú.

<sup>4</sup>Ministerio del Ambiente. (2014). R.M. N° 085-2014-MINAM. Guía para Muestreo de Suelos. Lima, Perú



### **2.3.8 Muestreo de detalle.**

Es aquel orientado a identificar el área y el volumen del suelo impactado, y de ser el caso, de otros medios afectados por las sustancias señaladas en el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

### **2.3.9 Muestreo de comprobación.**

Es aquel orientado a comprobar si se alcanzaron con los ECA para suelo, los niveles de fondo, los niveles de remediación determinados en el ERSA u otros objetivos de remediación establecidos.

### **2.3.10 Muestreo de Nivel de Fondo.**

Es aquel orientado a identificar el nivel de fondo en el suelo.

### **2.3.11 Nivel de Fondo.**

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

### **2.3.12 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.

### **2.3.13 Textura de suelo.**

Es la propiedad física derivada de la composición granulométrica, constituida por arena, limo y arcilla, cuyos diámetros están contemplados en la escala de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo.<sup>5</sup>

### **2.3.14 Estándar de Calidad Ambiental.**

Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.<sup>6</sup>

### **2.3.15 Patrón de muestreo.**

Es la distribución espacial de los puntos de muestreo en el plano horizontal, para cada sitio en particular en base a las características y el objetivo del muestreo. Los patrones pueden ser i) de distribución uniforme (rejillas regulares, rejillas triangulares, rejillas circulares, sobre una línea, diagonales múltiples), ii) de distribución aleatoria (aleatorios,

---

<sup>5</sup> Ministerio del Ambiente. (2014). R.M. N° 085-2014-MINAM. Guía para Muestreo de Suelos. Lima, Perú.

<sup>6</sup> Ministerio del Ambiente. (2014). R.M. N° 085-2014-MINAM. Guía para Muestreo de Suelos. Lima, Perú.

aleatorios en una rejilla regular, aleatorios desalineados en una rejilla regular), iii) de muestreo con distribución heterogénea (diagonal simple, diagonales cruzadas rotantes).<sup>7</sup>

### **2.3.16 Área de Influencia Directa (AID).**

Comprende el área del emplazamiento del proyecto o la unidad minera, entendida como la suma de espacios ocupados por los componentes principales de aquél y de las áreas impactadas directamente durante el ciclo de vida de la actividad minera.<sup>8</sup>

### **2.3.17 Área de Influencia Directa Ambiental (AIDA).**

Comprende el área geográfica donde los impactos ambientales negativos y positivos de la actividad minera son continuos y significativos.

### **2.3.18 Área de Influencia Directa Social (AIDS).**

Comprende a la población y/o área geográfica que es afectada directamente por los impactos socioambientales de la actividad minera.

### **2.3.19 Área de Influencia Indirecta (AII).**

Comprende los espacios localizados fuera del área de influencia directa, el cual se establece en base a los impactos ambientales indirectos de los componentes, identificados y

---

<sup>7</sup> Ministerio del Ambiente. (2014). R.M. N° 085-2014-MINAM. Guía para Muestreo de Suelos. Lima, Perú.

<sup>8</sup> Ministerio de Energía y Minas. (2014). D.S. N° 040-2014-EM. Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero. Lima, Perú.

definidos en el estudio ambiental del proyecto, durante el ciclo de vida de la operación y los impactos sociales relacionados a estas áreas.

### **2.3.20 Área de Influencia Indirecta Ambiental (AIIA).**

Comprende el área geográfica donde se generan impactos ambientales negativos indirectos, identificados en el estudio ambiental del proyecto.

### **2.3.21 Área de Influencia Indirecta Social (AIIS).**

Comprende a la población y/o área geográfica aledaña al área de influencia directa, identificada y definida en el estudio ambiental del proyecto, con la cual se mantiene interrelación directa y en donde se generan impactos socio ambientales asociados a los impactos directos.<sup>9</sup>

### **2.3.22 Área del proyecto (AP).**

Comprende los espacios ocupados por los componentes y actividades del proyecto.

### **2.3.23 Contaminación Ambiental.**

Acción que resulta de la introducción por el hombre o causas naturales, directa o indirectamente en el ambiente, de contaminantes, que tanto por su concentración, como por el tiempo de su permanencia, hace que el medio receptor adquiera características diferentes

---

<sup>9</sup> Ministerio de Energía y Minas. (2014). D.S. N° 040-2014-EM. Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero. Lima, Perú.

a las originales que pueden ser perjudiciales o nocivas para la salud, la calidad ambiental, los ecosistemas y/o la diversidad biológica.

#### **2.3.24 Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d).**

Estudio ambiental para las actividades de explotación minera, beneficio, labor general, transporte y almacenamiento de minerales y/o concentrados y de actividades conexas a estas, que resulta de un proceso de evaluación de impactos ambientales negativos significativos.

#### **2.3.25 Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA-sd).**

Estudio ambiental para las actividades de explotación minera, beneficio, labor general, transporte y almacenamiento de minerales y/o concentrados y de actividades conexas a estas, que resulta de un proceso de evaluación de impactos ambientales negativos moderados.

#### **2.3.26 Evaluación de Impacto Ambiental.**

Es un proceso sistemático, activo y participativo que tiene como finalidad internalizar la variable ambiental en las propuestas de políticas, planes y programas de desarrollo que formulen las instituciones del Estado, usándola como una herramienta preventiva de gestión ambiental en los niveles de decisión que correspondan, de acuerdo con los criterios y

procedimientos establecidos en la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, sus modificatorias y su Reglamento.<sup>10</sup>

### **2.3.27 Fuente de información primaria.**

Son todas aquellas que resultan de la observación y medición en campo de los aspectos ambientales y sociales relacionados a un proyecto minero, así como el procesamiento y la evaluación de éstos.

### **2.3.28 Fuentes de información secundarias.**

Son todas aquellas que complementan las fuentes de información primarias, privilegiando las fuentes oficiales y las más recientes en el tiempo.

### **2.3.29 Gestión Ambiental (GA).**

Proceso permanente y continuo, constituido por el conjunto estructurado de principios, normas técnicas y actividades, orientado a administrar los intereses, expectativas y recursos relacionados con la actividad minera y los objetivos de la política nacional del ambiente, para alcanzar así, una mejor calidad de vida y el desarrollo integral de la población, el desarrollo de las actividades económicas y la conservación del patrimonio ambiental y natural del país.

---

<sup>10</sup> Ministerio de Energía y Minas. (2014). D.S. N° 040-2014-EM. Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero. Lima, Perú.

### **2.3.30 Impactos Directos.**

Efectos ocasionados por la acción humana sobre los componentes del ambiente, a partir de la ocurrencia de otros efectos con los cuales están interrelacionados o son secuenciales.<sup>11</sup>.

### **2.3.31 Formación de suelos**

La formación de suelos se da por los siguientes factores: (Smith y Smith, 2001)

- Meteorización: consiste en la alteración que experimentan las rocas en contacto con el agua, el aire y los seres vivos.
  - Meteorización física o mecánica: se produce cuando, al bajar las temperaturas las rocas, se congelan con ella, aumenta su volumen y provoca la fractura de las rocas.
  - Meteorización química: es aquella que se produce cuando los materiales rocosos reaccionan con el agua o con las sustancias disueltas en ella.
- Erosión: consiste en el desgaste y fragmentación de los materiales de la superficie terrestre por acción del agua, el viento, etc. Los fragmentos que se desprenden reciben el nombre de detritos.
- Transporte: consiste en el traslado de los detritos de un lugar a otro.

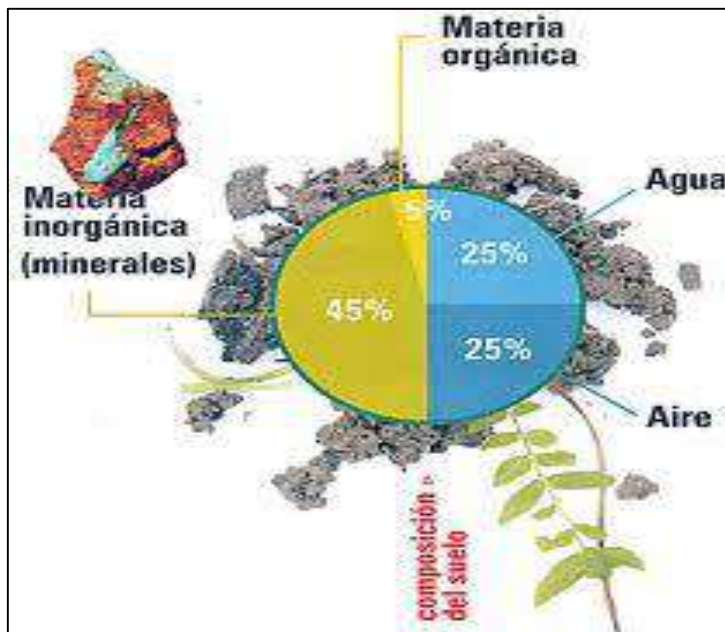
---

<sup>11</sup> Ministerio de Energía y Minas. (2014). D.S. N° 040-2014-EM. Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero. Lima, Perú.

- Sedimentación: consiste en el depósito de los materiales transportados, reciben el nombre de sedimentos, y cuando estos sedimentos se cementan originan las rocas sedimentarias.

### 2.3.32 Composición del Suelo

El suelo se compone por materiales inorgánicos (minerales), materia orgánica, agua y aire.



Fuente: Composición del suelo. (2016). Recuperado de [www.pinterest.com](http://www.pinterest.com).

### Figura N° 1 Composición de suelos

### 2.3.33 Propiedad Físicas del Suelo.

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo,



determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes (Anónimo, 2004).

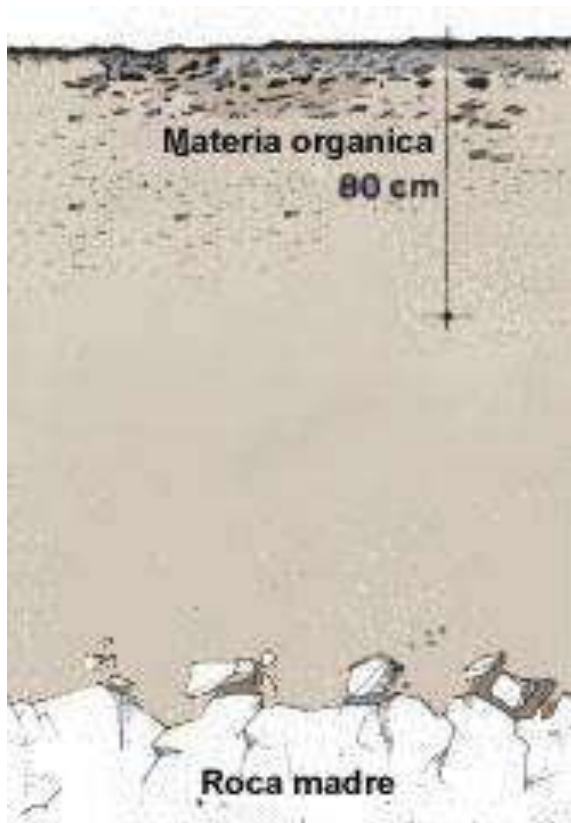
### **2.3.34 Suelos orgánicos**

Los suelos orgánicos provienen de materia orgánica. Se forman mediante la acumulación y la descomposición graduales de materias vegetales y animales. Por regla general, se dice que un suelo es orgánico si:<sup>12</sup>

- Más de la mitad de los 80 cm superiores del suelo son orgánicos, o;
- Se encuentra materia orgánica de cualquier espesor directamente sobre la roca madre.

---

<sup>12</sup> Fao Training. (7 de diciembre de 2016). Propiedades Químicas del Suelo. Recuperado de : [ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO\\_training/FAO\\_training/general/x6706s/x6706s01.htm#50a](ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s01.htm#50a)



Fuente: FAO Training, 2016.

## **Figura N° 2 Suelo orgánico**

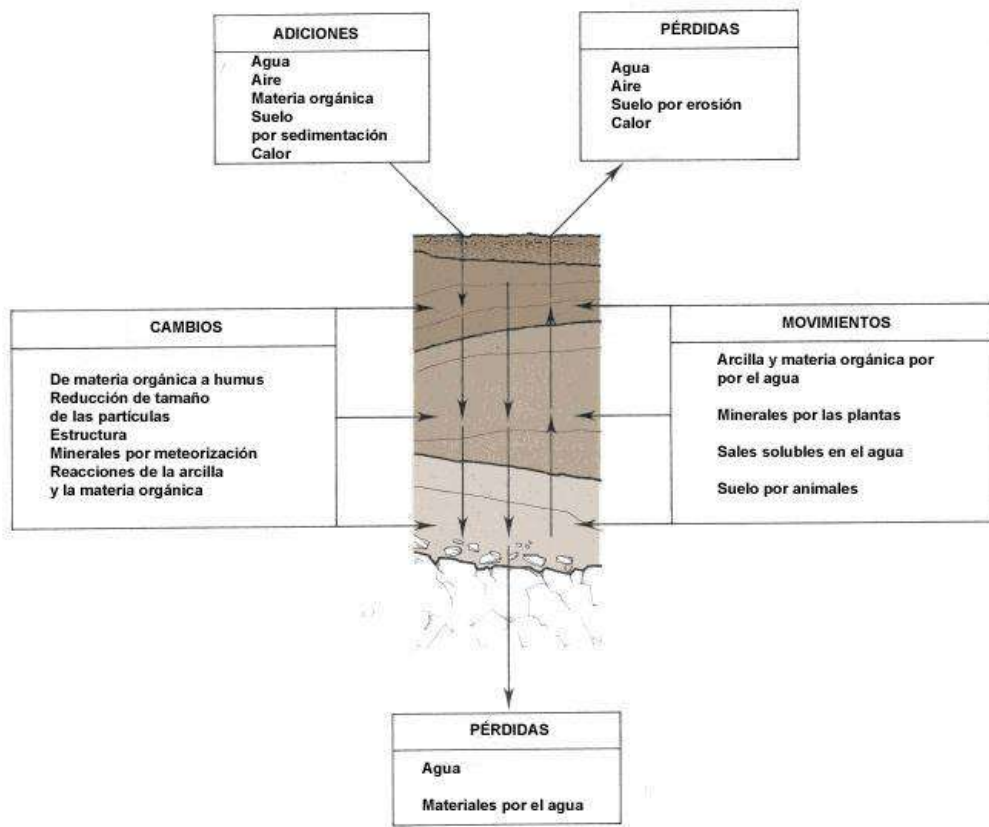
### **2.3.35 Formación de Horizontes de Suelos**

Las propiedades físicas de los estratos del suelo, desde la superficie del terreno hasta una profundidad de unos 1.5 - 2 metros o, en ocasiones, a mayor profundidad, se ven afectadas por los cambios en el contenido de agua y la temperatura según la estación, y por diversos agentes biológicos como raíces, gusanos, insectos y bacterias

La parte superior del suelo mineral, el horizonte dominante A, está sometida a los efectos mecánicos de la meteorización y a la pérdida de algunos de sus elementos debido a

la lixiviación. En la parte inferior del estrato del suelo, el horizonte dominante B, se precipitan y acumulan algunas de las sustancias lixiviadas de la parte superior.

Debajo del horizonte dominante B, la naturaleza del suelo se determina por el tipo de roca madre del que se formó, la manera en que se depositó y por hechos geológicos ulteriores.<sup>13</sup>



Fuente: FAO Training, 2016.

**Figura N° 3 Suelo adiciones, movimientos, cambios, perdidas**

<sup>13</sup> Fao Training. (7 de diciembre de 2016). Propiedades Químicas del Suelo. Recuperado de : [ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO\\_training/FAO\\_training/general/x6706s/x6706s01.htm#50a](ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s01.htm#50a)

## **2.4 Marco Teórico**

### **2.4.1 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.<sup>14</sup>

### **2.4.2 Identificación.**

Acción y efecto de identificar o identificarse.<sup>15</sup>

### **2.4.3 Evaluación.**

Acción y efecto de evaluar.<sup>16</sup>

### **2.4.4 Calidad de suelo.**

Es la capacidad natural del suelo de cumplir diferentes funciones, tales como ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales.<sup>17</sup>

---

<sup>14</sup> Ministerio del Ambiente. (2013). D.S. N° 002-2013-MINAM. Estándar de Calidad Ambiental para Suelo. Lima, Perú.

<sup>15</sup> Real Academia Española. (2016). Diccionario de la Real Academia Española. Recuperado de <http://dle.rae.es/?id=KtnLIHa>

<sup>16</sup> Real Academia Española. (2016). Diccionario de la Real Academia Española. Recuperado de <http://dle.rae.es/?id=H8JsfPe>

<sup>17</sup> Ministerio del Ambiente. (2014). R.M. N° 085-2014-MINAM. Guía para Muestreo de Suelos. Lima, Perú.

#### **2.4.5 Metales pesados.**

Son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad relativamente alta y cierta toxicidad para el ser humano.<sup>18</sup>

#### **2.4.6 Área intermedia.**

Es una extensión de terreno de dimensiones considerables y que presenta una forma de banda o franja.<sup>19</sup>

#### **2.4.7 Proyecto minero.**

Un proyecto es un prospecto que luego del programa de perforación inicial indica la existencia de un posible depósito mineral que requiere mayor evaluación a través de un extenso programa de perforaciones para continuar

#### **2.4.8 Ambiente.**

Aquellas condiciones y circunstancias físicas, humanas, culturales y sociales que rodearán a las personas animales o cosas.<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> Enciclopedia. (2016). Enciclopedia. Recuperado <http://enciclopedia.us.es>

<sup>19</sup>Definición ABC. (2016). Diccionario. Recuperado <http://definicionabc.com>

<sup>20</sup>Definición ABC. (2016). Diccionario. Recuperado <http://definicionabc.com>

#### **2.4.9 Contaminante.**

Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente.<sup>21</sup>

#### **2.4.10 Parámetro.**

Cualquier elemento o sustancia química del suelo que define su calidad y que se encuentra regulado por Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.<sup>22</sup>

#### **2.4.11 Nivel de fondo (NF).**

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

#### **2.4.12 Geo-referenciación.**

Es el procedimiento técnico-científico por el cual se define la localización espacial de un objeto, en un sistema de coordenadas y datum determinado.<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> Ministerio del Ambiente. (2013). D.S. N° 002-2013-MINAM. Estándar de Calidad Ambiental para Suelo. Lima, Perú.

<sup>22</sup> Ministerio del Ambiente. (2013). D.S. N° 002-2013-MINAM. Estándar de Calidad Ambiental para Suelo. Lima, Perú.

<sup>23</sup> Ministerio del Ambiente. (2014). R.M. N° 085-2014-MINAM. Guía para Muestreo de Suelos. Lima, Perú

#### **2.4.13 GPS.**

Sistema de posicionamiento Global o, NAVSTAR GPS (NAVigation System and Ranging - Global Positioning System, sistema de navegación y determinación de alcance, y sistema de posicionamiento mundial’) es el sistema que permite determinar la posición geográfica en cualquier parte del mundo de un objeto, persona o nave y funciona mediante una red de satélites en órbita sobre el planeta.

#### **2.4.14 Envase.**

Recipiente de diferente material, forma y tamaño destinado a contener muestras de suelos para su conducción desde el lugar de muestreo hacia el laboratorio, y que reúne características para conservar las propiedades de la muestra a ser analizadas.<sup>24</sup>

#### **2.4.15 Riesgo.**

Probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la salud humana, en los organismos que constituyen los ecosistemas o en la calidad de los suelos y del agua, en función de las características y de la cantidad que entra en contacto con los receptores potenciales, incluyendo la consideración de la magnitud o intensidad de los efectos asociados y el número de individuos, ecosistemas o bienes que, como

---

<sup>24</sup> Ministerio del Ambiente. (2014). R.M. N° 085-2014-MINAM. Guía para Muestreo de Suelos. Lima, Perú.

consecuencia de la presencia del contaminante, podrían ser afectados tanto en el presente como en el futuro.<sup>25</sup>

#### **2.4.16 Bioacumulación.**

Concentración resultante acumulada en el ambiente o en los tejidos de organismos a partir de la incorporación, distribución y eliminación de contaminantes obtenidos por todas las rutas de exposición por ejemplo por aire, agua, suelo, sedimento y alimento.

#### **2.4.17 Protección Ambiental.**

Conjunto de acciones de orden científico, tecnológico, legal, humano, social y económico que tienen por objeto proteger el entorno natural, donde se desarrollan las actividades mineras, y sus áreas de influencia, a través de medidas de prevención, mitigación, control, rehabilitación y eventual compensación ambiental.

---

<sup>25</sup> Ministerio del Ambiente. (2014). R.M. N° 085-2014-MINAM. Guía para Muestreo de Suelos. Lima, Perú.



## **CAPÍTULO 3      Planteamiento Metodológico**

### **3.1    Metodología**

#### **3.1.1    Ubicación Geográfica.**

El proyecto minero Regina se encuentra emplazada en el paraje de Choquene, entre los distritos de Ananea y Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, departamento de Puno, aproximadamente 1, 020 Km al sureste de Lima, a 280 Km al noreste de la ciudad de Arequipa., a una altitud que varía entre los 4,600 msnm y 5,000 msnm<sup>26</sup>. Sus coordenadas UTM (WGS84) son 426 534 E, 8 373 534 N.

---

<sup>26</sup> Consultora Ambiental. (2008). Declaración Jurada del Proyecto de Exploración Subterránea Regina, Lima, Perú.





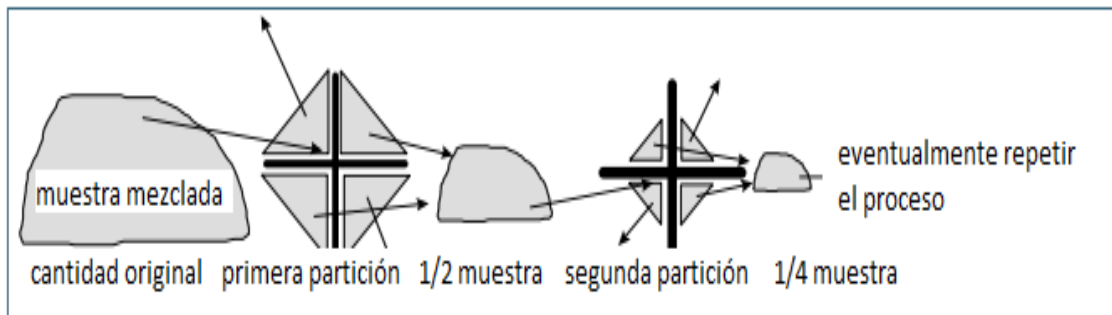


### 3.1.2 Procedimiento para la toma de muestras

El muestreo es la actividad por la que se toman muestras representativas que permiten caracterizar el suelo ubicado en las áreas intermedias del proyecto minero Regina. Las muestras de suelo que serán enviadas al laboratorio (acreditado en INACAL), serán las muestras elegidas para ser analizadas de acuerdo a los objetivos establecidos.<sup>27</sup>

#### 3.1.2.1 Muestras superficiales.

Para la toma de muestras superficiales se pueden aplicar sondeos manuales. Este sistema es relativamente fácil, rápido de usar y de bajo costo, siendo poca la cantidad de suelo que se puede extraer con esta técnica, será necesario obtener muestras compuestas de varios sondeos.



Fuente: LfUMerkblatt 3.8/4; 2010, Alemania, adaptado.

#### Figura N° 4 Participación de muestras

- a. Muestreo de Identificación (MI):

---

<sup>27</sup> Ministerio del Ambiente. (2014). R.M. N° 085-2014-MINAM. Guía para Muestreo de Suelos. Lima, Perú.

El muestreo de identificación tiene por objetivo investigar la existencia de contaminación del suelo a través de la obtención de muestras representativas con el fin de establecer si el suelo supera o no los Estándares de Calidad Ambiental y/o los valores de fondo de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 002-2013-MINAM. Cabe mencionar que el muestreo se realizará de 0 – 10 cm.

En el muestreo de identificación, no se dispone de datos precisos sobre la concentración de compuestos contaminantes en un suelo, sin embargo, para contar con un límite de confianza aceptable, es pertinente realizar un número mínimo de puntos de muestreo.<sup>28</sup>

#### b. Muestra Compuesta

La muestra compuesta tiene como finalidad identificar la existencia de contaminantes a 70 cm de la superficie. Por tal razón, en la misma estación de muestreo, se recolecta una muestra a 10 cm, y otra muestra a 60 cm.

#### c. Muestreo de Nivel de Fondo (NF)

El objetivo de este muestreo es determinar la concentración de los químicos regulados por el ECA suelo en sitios contiguos al área contaminada, los mismos que pueden encontrarse en el suelo de manera natural o fueron generados por alguna fuente antropogénica ajena a la considerada, siendo aplicable a metales.

Cuando se trate de sitios con antecedentes de presencia natural de sustancias potencialmente tóxicas en el sitio en estudio, se deberá tomar muestras fuera del

---

<sup>28</sup> Ministerio del Ambiente. (2014). R.M. N° 085-2014-MINAM. Guía para Muestreo de Suelos. Lima, Perú.

área de influencia del contaminante, pero de características geográficas similares, que sirvan para establecer los niveles de fondo de dichos contaminantes.<sup>29</sup>

A continuación se detalla la distancia en la cual se realizará el muestreo de acuerdo a lo indicado anteriormente:

**Cuadro 1 Tipo de muestreo de suelo**

N°	TIPO DE MUESTREO	CODIFICACIÓN	DISTANCIA (CM)
1	Muestreo de Identificación	MI	0 -10 cm
2	Muestreo Compuesto	MIC	0-10 cm 10-60 cm
3	Nivel de Fondo	NF	10 cm (de tres estaciones)

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.3 Tipo de investigación.

En base a los propósitos de la presente investigación, y de acuerdo a lo establecido por Sánchez- Carlessi, (1998), se determina que el tipo de la misma, según su profundidad, es descriptiva, ya que tienen por finalidad calcular una variable dependiente, en una población detallada o en una muestra de una población. Siendo situadas al conocimiento de una realidad en una situación espacio – temporal proporcionada.

<sup>29</sup> Ministerio del Ambiente. (2014). R.M. N° 085-2014-MINAM. Guía para Muestreo de Suelos. Lima, Perú.

#### **3.1.4 Nivel de investigación.**

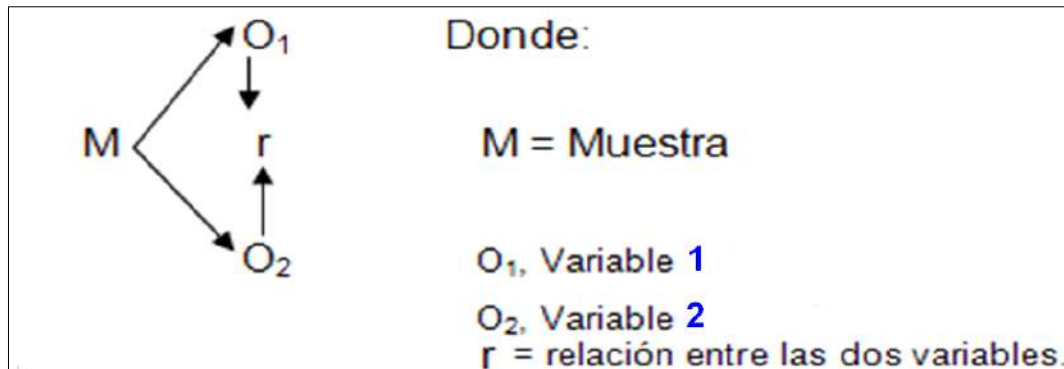
El nivel de investigación es Cuasi Experimental.

#### **3.1.5 Método de la investigación.**

El método empleado para la actual investigación es método inductivo, dado que según Solis-Espinoza, (1991), el método inductivo es el procedimiento metódico que en base a los hechos o fenómenos particulares trata de lograr explicaciones o conocimientos generalizables.

### 3.1.6 Diseño de la investigación.

Descriptivo Correlacional Simple



Fuente: Metodología de la Investigación, Universidad Peruana de Los Andes, 2016.

**Figura N° 5** Descriptivo correlacional simple

## 3.2 Hipótesis de la Investigación

### 3.2.1 Hipótesis General.

En qué medida con la identificación y evaluación de la calidad del suelo lograré determinar la presencia de metales pesados en las áreas intermedias del proyecto minero Regina.

### 3.2.2 Hipótesis Específico.

- Las características de las muestras de suelo sobrepasarían los Estándares de Calidad Ambiental para suelo.
- El grado de concentración de metales en las muestras de suelo podría ser alta por encontrarse en una zona mineralizada.

### **3.3 Variables e Indicadores**

#### **3.3.1 Variable Independiente.**

Áreas intermedias

#### **3.3.2 Variable Dependiente.**

Presencia de metales pesados

### **3.4 Cobertura de Estudio**

#### **3.4.1 Universo.**

Proyecto minero Regina

#### **3.4.2 Población.**

Suelo

#### **3.4.3 Muestra.**

½ Kg de muestra de suelo



### 3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

#### 3.5.1 Diseño.

##### 3.5.1.1 Fase de Campo.

Para llevar a cabo una exitosa obtención de resultados, se utiliza como guía la metodología realizada por el Ministerio del Ambiente (MINAM), establecida en la R.M 085-2014-MINAM.

A partir del empleo de la metodología desarrollada por el Ministerio del Ambiente, iniciaremos la Recolección de muestra en campo, las cuales serán llevadas al laboratorio, en donde serán analizadas y obtendremos los resultados. (Ver ítem 3.1.2).

##### 3.5.1.2 Fase de Gabinete.

Las concentraciones de contaminantes de los suelos estudiados serán comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo, estipulados en el D.S N°002-2013-MINAM.

Asimismo con los resultados comparados se realizará el procesamiento de información, el cual se detalla líneas abajo.

**Tabla 1 Estándares de Calidad Ambiental para Suelo**

PARÁMETROS	USO DE SUELOS
	SUELO INDUSTRIAL
Cianuro libre (mg/kg MS)	8
Bario total (mg/kg MS)	2000

PARÁMETROS	USO DE SUELOS
	SUELO INDUSTRIAL
Cromo VI (mg/kg MS)	1,4
Mercurio total (mg/kg MS)	24
Arsénico (mg/kg MS)	140
Cadmio (mg/kg MS)	22
Plomo (mg/kg MS)	1200

Fuente: D.S N° 003-2013-MINAM, Aprobación del Estándar de Calidad Ambiental para Suelo.

### **3.5.1.3 Recolección de muestras base.**

Transporte de la Muestra base al laboratorio

Las muestras serán transportadas al laboratorio, protegidas en bolsas de polietileno y con el debido cuidado para evitar contaminación, y estarán refrigeradas en un cooler para que mantengan su temperatura.

### **3.5.2 Técnicas.**

#### **3.5.2.1 Pre Tratamiento Físico.**

Las muestras recolectadas se colocarán en frascos oscuros de vidrio protegido de la luz del sol e inmediatamente refrigerados a temperatura ambiente.

#### **3.5.2.2 Tratamiento Físico de las Muestras.**

Una vez en el laboratorio se podrá eliminar restos de corteza o de otros materiales que pudieran haber quedado en el suelo y secarlos a temperatura de 35°C de 3 a 4 días. Una vez secos se procederá a triturarlos y homogeneizarlos hasta tener una muestra uniforme.

### ***3.5.2.3 Técnica de Análisis Instrumental.***

Se utilizará el método 6020 A de la US-EPA para la cuantificación de metales.

### ***3.5.2.4 Procesamiento de resultados en GIS.***

Los valores de concentración de metales serán procesados con ArcGIS (V 10.2) de software para producir un mapa GIS de isolíneas de contaminación con un código de color que puede ser entendido por el público en general. El más conocido de estos códigos es el semáforo, asociando rojo con peligro, amarillo con condiciones intermedias, y verde con seguridad. El algoritmo isolínea utilizado se basará en la distribución uniforme de las diferencias de valor entre dos puntos adyacentes.

Entonces nos registramos si el nivel de contaminación en cada celda era bajo, intermedio o alto. Si el nivel es el mismo en ambos mapas, se observará como un partido, y viceversa.

### ***3.5.2.5 Guía de trabajo de campo.***

Preparación de la zona de estudio

Recopilación de Información

El proyecto minero Regina ha sido clasificado como el área de estudio, después de una serie de pasos que determinan un posible grado de contaminación por la presencia de la Unidad Minera. La información ha sido recopilada de Estudios de Impacto Ambiental, y Plan de Cierre del proyecto minero.

Mapeo de la Zona de Estudio

Antes del inicio de la recolección de las muestras, se deberá hacer un mapeo del área de estudio. En este caso la zona de estudio abarca todo el área perteneciente al proyecto minero Regina que queda emplazada en el distrito de Quilcapuncu, Provincia de San Antonio de Putina, región de Puno.

#### Observación y Reconocimiento del Área de estudio

Una vez establecidas los cuadrantes en el área de estudio se hará una visita a campo para poder determinar la zona exacta de los puntos de ubicación de las muestras de acuerdo a los cuadrantes ya establecidos. Esto permitirá establecer que los puntos sean accesibles y no se encuentren en zonas privadas. Los puntos establecidos serán especificados con el uso de coordenadas UTM WGS84.

#### Determinación de Puntos de Monitoreo en el mapa.

Una vez obtenidas las coordenadas exactas de los puntos de monitoreo, se procederá a su ubicación en un mapa. Las coordenadas establecidas deberán estar en Coordenadas UTM DATUM WGS84 en la zona 19S. Según lo solicita la normativa establecida por el Instituto Geográfico Nacional Peruano (IGN).

### **3.5.3 Instrumentos.**

- Lista de cotejo (Trabajo en campo)
- Mapas elaborados
- GPS
- Frascos o recipientes
- Equipos

- Cámara fotográfica
- Guantes quirúrgicos

### **3.6 Limitaciones de la Investigación**

Es preciso mencionar que la presente investigación no presentó limitaciones de ningún tipo. A continuación se indican las razones:

- La información en su mayoría fue proporcionada por la consultora ambiental RHIND GROUP S.A.C., empresa que apoyo en el proceso de recopilación de información ambiental.
- Asimismo, se encuentra información disponible en la plataforma del Ministerio de Energía y Minas.
- La consultora cuenta con el soporte logístico que fue necesario para el desarrollo de la presente investigación.

## **CAPÍTULO 4 Organización, presentación y análisis de resultados**

### **4.1 Diagnóstico Socio ambiental**

#### **4.1.1 Geología.**

Geológicamente, el área de estudio se ubica en una zona con presencia de rocas sedimentarias desde el paleozoico hasta el terciario superior, donde las formaciones cretácicas están plegadas, representadas regionalmente por sinclorium de putina,

presentando en la actualidad relieves suaves, producidos por la acción glaciaria, representados por morrenas a lo largo de la quebrada Choquene

#### **4.1.1.1 Formaciones Geológicas.**

Las unidades que afloran en el área de estudio perteneciente al Proyecto Regina y alrededores corresponden al Devoniano inferior, carbonífero inferior, Cretáceo inferior y superior, Neogeno y depósitos del Cuaternario<sup>30</sup>.

El grupo que predomina el área de estudio es el siguiente:

##### **4.1.1.1.1 Grupo Ambo (Cl-a).**

Este grupo pertenece al carbonífero inferior o Missisipiano. Esta unidad aflora ampliamente en los alrededores de la mina y es aquí donde se ha emplazado la mineralización. El grupo Ambo está conformado por 1500 m de areniscas cuarcíferas claras y grises, intercaladas con bancos de lutitas y pizarras grises y negras.

En el siguiente cuadro se muestra la geología del área de estudio.<sup>31</sup>

### **Cuadro 2 Geología del área de estudio – Mina Regina**

ERA	SISTEMA	SERIE	DESCRIPCIÓN
Paleozoica	Carbonífero	Inferior	Grupo Ambo

Fuente: Declaración Jurada del Proyecto de Exploración Categoría B Regina, 2007.

<sup>30</sup> Grupo GyA S.AC. (2007). Declaración Jurada del Proyecto de Exploración Categoría B Regina. Lima, Perú.

<sup>31</sup> Grupo GyA S.AC. (2007). Declaración Jurada del Proyecto de Exploración Categoría B Regina. Lima, Perú.

#### 4.1.2 Geología Estructural.

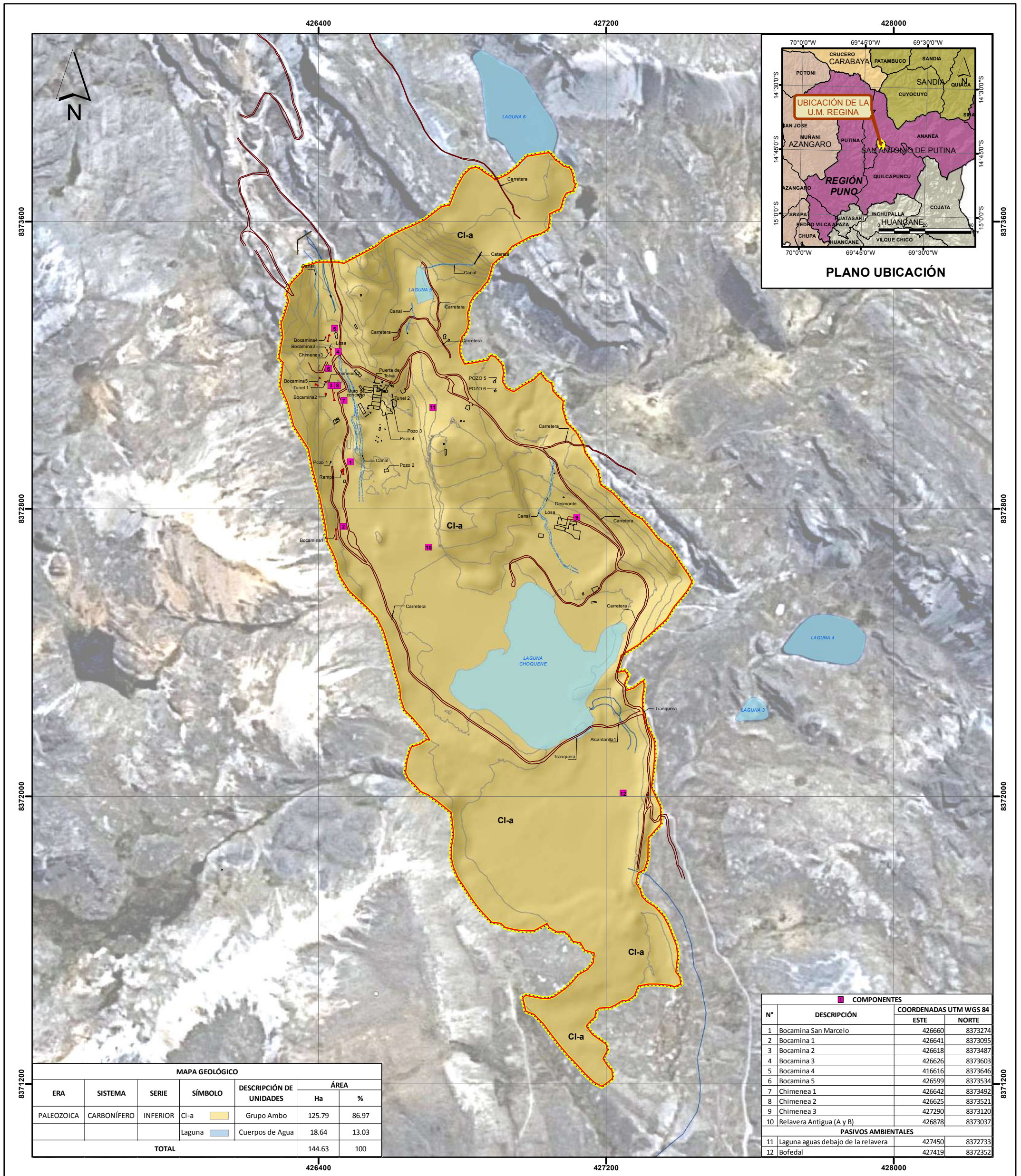
La estructura principal del proyecto minero Regina se tiene la falla Choquene con rumbo predominante de Nornoroeste (NNO) – Sursureste (SSE), la cual corre por el flanco occidental del área de estudio aproximada 12 Km, entre los cerros Huyluyo y Chacocunca. Asimismo se encuentra otra estructura notable, la cual es el Anticlinorium de Palca, cuyo plano axial tiene dirección N 10- 15 ° O y buza 50° al NE. Esta estructura está conformada por varios pliegues comprimidos y echados hacia el sur, cerca de la laguna Choquene, se presentan más abiertos, en cambio hacia el norte, en el paraje Alejandrito, se aprietan con mayor fuerza.<sup>32</sup>

A continuación se muestra el Mapa Geológico del Área de Estudio

---

<sup>32</sup> Amec. (2008). Declaración Jurada del Proyecto de Exploración Categoría B Regina. Lima, Perú.



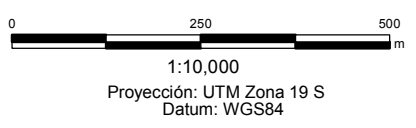


N°	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM WGS 84	
		ESTE	NORTE
1	Bocamina San Marcelo	426660	8373274
2	Bocamina 1	426641	8373095
3	Bocamina 2	426618	8373487
4	Bocamina 3	426626	8373603
5	Bocamina 4	416616	8373646
6	Bocamina 5	426599	8373534
7	Chimenea 1	426642	8373492
8	Chimenea 2	426625	8373521
9	Chimenea 3	427290	8373120
10	Relavera Antigua (A y B)	426878	8373037
<b>PASIVOS AMBIENTALES</b>			
11	Laguna aguas debajo de la relavera	427450	8372733
12	Bofedal	427419	8372352

MAPA GEOLÓGICO						
ERA	SISTEMA	SERIE	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE UNIDADES	ÁREA	
					Ha	%
PALEOZOICA	CARBONÍFERO	INFERIOR	Cl-a	Grupo Ambo	125.79	86.97
			Laguna	Cuerpos de Agua	18.64	13.03
<b>TOTAL</b>					<b>144.63</b>	<b>100</b>

SIMBOLOGÍA	
<b>RED HIDROGRÁFICA</b>	CURVA DE NIVEL
— RÍO	— CAMINO
- - - CANAL	
LAGUNA	

LEYENDA	
ÁREA DE ESTUDIO	BOCAMINA
COMPONENTES E INSTALACIONES	



PROYECTO: **IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELOS PARA DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE METALES EN LAS ZONAS ALEDAÑAS**

TÍTULO: **MAPA GEOLÓGICO**

DISEÑO:	Mitzi Higinio L.	APROBADO:	Mitzi Higinio L.	VERSIÓN:	V-TESIS
SIG:	Abel Saavedra Q.	ESCALA:	1:10,000	<b>Mapa N° 2</b>	
REVISADO:	Mitzi Higinio L.	FECHA:	Diciembre, 2016		

FUENTE: RHIND 2016



### **4.1.3 Hidrológicas.**

El área de estudio se encuentra emplazado en las nacientes de la subcuenca hidrográfica de la quebrada Choquene donde se ubica la laguna del mismo nombre, siendo ésta afluente por el margen derecho del río Toco Toco, mientras que para la quebrada Choquene existe la presencia de cuatro tributarios, que son la Quebrada Lahuatera, la quebrada Ñahui por la margen derecha, la quebrada Ucupata que nace en la laguna del mismo nombre y la quebrada Chuncune por la margen izquierda.

Asimismo de acuerdo a la información enviada por Sillustani, las aguas superficiales provienen de la infiltración y descarga de las lagunas de tipo glaciar, cuyo drenaje es controlado por dos sistemas de fallas. El sistema de lagunas ubicado en la parte alta de la cuenca drena hasta la laguna Choquene, y ésta a su vez al río Toco Toco, el que es afluente del río Ramis.

### **4.1.4 Datos climáticos.**

#### **4.1.4.1 Clima.**

El clima que presenta la zona donde se encuentra emplazada el área de estudio es un clima frígido, pero cuenta con dos estaciones climáticas definidas; la primera estación climática es la denominada estación de avenida, la cual comprende desde el mes de Noviembre hasta el mes de Abril con fuertes precipitaciones pluviales acompañado de intensas nevadas, granizados, rayos y truenos. Mientras que la segunda estación climática, la cual es denominada como estación de estiaje se caracteriza por ser seco con algunas precipitaciones esporádicas, pero siendo normal el descenso de la temperatura en las noches

por debajo de los 0 °C, conocido como “las heladas” acompañado de fuertes vientos. Los glaciares influyen en las condiciones, dado que las masas de aire frío se desplazan desde la zona donde se encuentran los glaciares hasta el área del proyecto.<sup>33</sup>

#### **4.1.4.2 Precipitación.**

La precipitación presenta un valor total anual de 707.1 mm, esto sucede porque el área de estudio se encuentra en una zona alto andina.<sup>34</sup>

#### **4.1.4.3 Evaporación.**

La Evaporación total promedio anual en la zona del Proyecto se encuentra alrededor de 1,400 mm anuales. Este dato meteorológico fue obtenido de las isolíneas del Mapa de evaporación del Perú, (SENAMHI, 1993).

#### **4.1.4.4 Temperatura.**

La temperatura mensual varía entre los 2.9°C y 4.9 °C, con una temperatura promedio anual de 3.8 °C. Asimismo se determinó que la temperatura máxima diaria promedio es de 15°C, y la mínima diaria promedio de -4.8°C.

#### **4.1.4.5 Humedad relativa.**

La humedad relativa promedio mensual tiene muy poca variación en la región, oscilando alrededor de 65%.

---

<sup>33</sup> Grupo G y A S.A.C. (2007). Declaración Jurada del Proyecto de Exploración Cat. B “Regina”. Lima, Perú

<sup>34</sup> Enviroolutions (2014). Plan de Manejo Ambiental. Lima, Perú.

#### **4.1.4.6 Dirección y velocidad del viento.**

La dirección predominante del viento en la zona del proyecto a lo largo del año es en sentido suroeste (SW) y la velocidad del viento es de 3.5 m/s. Cabe resaltar que la dirección predominante según la estación meteorológica situada en el área de estudio perteneciente a Sillustani registró que la dirección de viento es proveniente del Norte (N) con velocidades promedio de 5 m/s.

#### **4.1.5 Unidades de vegetación.**

Son áreas con determinadas características biológicas (diversidad florística), y características físicas (Clima, altitud, relieve, masas de agua y suelo). Asimismo se puede denominar como unidad de vegetación.

En el área de estudio se identificaron tres (04) unidades de vegetación, las cuales son: Bofedal (Bo), Pajonal (Pj), Césped de puna con afloramiento rocoso (Cpr) y un área miscelánea (MM). A continuación se describirán las unidades de vegetación que se identificó en el área de estudio del presente informe.

##### **4.1.5.1 Bofedal (Bo).**

Esta unidad de vegetación es propia de ecosistemas de altura y se caracteriza por presentar humedad permanente por lo que permite una actividad biológica constante. Este ecosistema alberga flora específica que es muy sensible a efectos de los contaminantes, además por tener contacto directo con la napa freática puede trasladar los contaminantes a otros lugares. Ocupa un área total de 18.80 Has que representa el 13.00 % del total del área de estudio.

#### ***4.1.5.2 Césped de puna con afloramiento rocoso (Cpr).***

Esta unidad vegetal es propia de las zonas donde se levantan afloramientos rocosos y tienen pendientes variadas siendo en su mayoría escarpadas. Son ambientes que protegen y cobijan a las especies vegetales, debido a que sus peñas se mantienen a temperaturas adecuadas y a su vez las protegen de los fuertes vientos. La familia más abundante en esta unidad vegetal es la poáceae que se encuentra en asociación con especies de la familia Asteraceae. Esta unidad se identificó en una extensión de 14.06 Has, que representa el 9.72 % del total del área de estudio.

#### ***4.1.5.3 Pajonal (Pj).***

El pajonal ocupa zonas de poca pendiente y de suelo terroso o un poco pedregoso y medianamente húmedo. La vegetación está conformada por especies que generalmente forman céspedes o almohadillados de muy reducido tamaño, que en muchos sitios pueden cubrir casi la totalidad del suelo, también por especies de gramíneas cespitosas, no amacolladas. Esta formación se presenta una extensión de 72.83 Has, que representa 50.36 % del total del área de estudio.

#### ***4.1.5.4 Área Miscelánea – Misceláneo Mina (MM).***

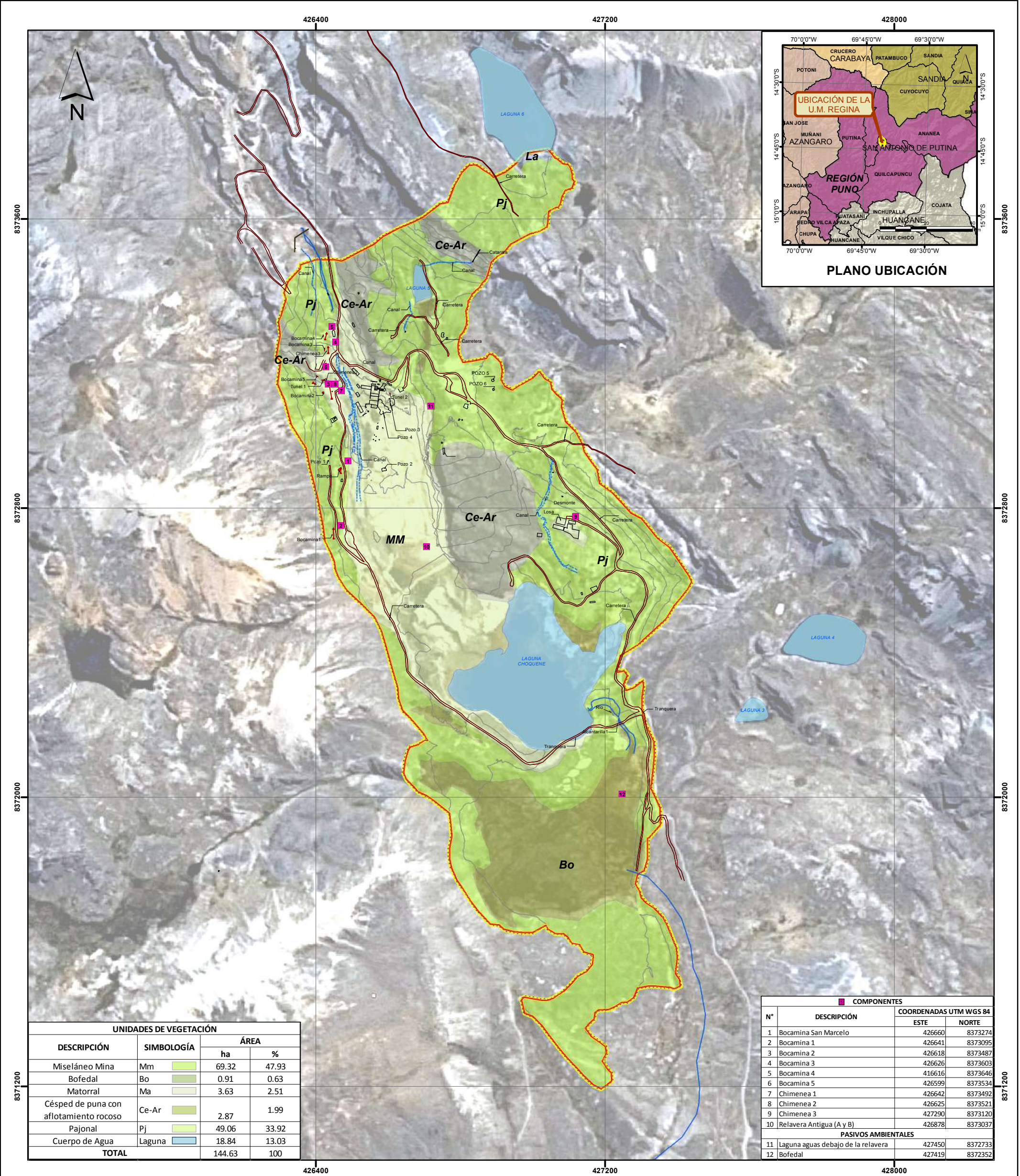
Las áreas misceláneas no son clasificadas como unidades de vegetación, pero se hace mención en este ítem ya que son zonas ocupadas por los diferentes componentes mineros. En el área de estudio ocupa 26.92 has, que representa el 18.61 % del área total de estudio.

En el siguiente cuadro se presenta las unidades de vegetación mencionadas en el presente ítem encuentran presentes en el área de estudio.

**Cuadro 3      Unidades de vegetación presentes en el área de estudio.**

UNIDAD DE VEGETACIÓN	SÍMBOLO	SUPERFICIE	
		Ha	%
Bofedal	Bo	18.80	13.00
Césped de puna con afloramiento rocoso	Cpr	14.06	9.72
Pajonal	Pj	72.83	50.36
Misceláneo Mina	MM	26.92	18.61





UNIDADES DE VEGETACIÓN				
DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	ÁREA		
		ha	%	
Miseláneo Mina	Mm	69.32	47.93	
Bofedal	Bo	0.91	0.63	
Matorral	Ma	3.63	2.51	
Césped de puna con afluencia rocosa	Ce-Ar	2.87	1.99	
Pajonal	Pj	49.06	33.92	
Cuerpo de Agua	Laguna	18.84	13.03	
<b>TOTAL</b>		<b>144.63</b>	<b>100</b>	

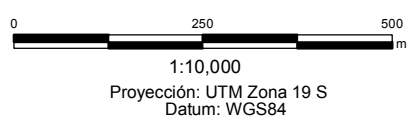
COMPONENTES			
N°	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM WGS 84	
		ESTE	NORTE
1	Bocamina San Marcelo	426660	8373274
2	Bocamina 1	426641	8373095
3	Bocamina 2	426618	8373487
4	Bocamina 3	426626	8373603
5	Bocamina 4	416616	8373646
6	Bocamina 5	426599	8373534
7	Chimenea 1	426642	8373492
8	Chimenea 2	426625	8373521
9	Chimenea 3	427290	8373120
10	Relavera Antigua (A y B)	426878	8373037
PASIVOS AMBIENTALES			
11	Laguna aguas debajo de la relavera	427450	8372733
12	Bofedal	427419	8372352

**SIMBOLOGÍA**

- RÍO
- CANAL
- LAGUNA
- ACCESO
- CURVA DE NIVEL

**LEYENDA**

- ÁREA DE ESTUDIO
- COMPONENTES E INSTALACIONES
- BOCAMINA



PROYECTO: **IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELOS PARA DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE METALES EN LAS ZONAS ALEDAÑAS**

TÍTULO: **MAPA DE UNIDADES DE VEGETACIÓN**

	DISEÑO: Mitzi Higinio L. SIG: Abel Saavedra Q. REVISADO: Mitzi Higinio L.	APROBADO: Mitzi Higinio L. ESCALA: 1:10,000 FECHA: Diciembre, 2016	VERSIÓN: V-TESIS <b>Mapa N° 3</b>
--	---	--	--------------------------------------

FUENTE: RHIND 2016



#### 4.1.6 Suelos.

##### 4.1.6.1 Clasificación de las unidades de suelo.

De acuerdo a la información revisada de la Declaración Jurada del Proyecto de Exploración Cat. B “Regina”, 2007, los suelos en el área de estudio han sido clasificados de la siguiente manera:

- Choquene (Cho). Ocupa 69,94 Has dentro del área de estudio, es decir 48,36 %
- Misceláneo Roca (MRo). Esta ocupa un área total de 18,90 Has dentro del área de estudio, es decir 13.07% dentro del área de estudio.
- Oconal (Oc). Ocupa un total de 18,78 Has, es decir 12.99 % dentro del área de estudio.
- Áreas Misceláneas. No son unidades edafológicas propiamente dichas sino que estas han sido ocupadas por los diferentes componentes mineros y sus relaves. Ocupa también una zona de Quebradas. Se han clasificado en: Misceláneo Mina (MMi) corresponde a las zonas donde se han establecido los componentes mineros. Ocupa un área total de 6,92 Has (4,79 %), Misceláneo Relave (MRe) ocupada por los relaves mineros ocupa un área de 16,82 Has (11,63%); y Misceláneo Quebrada (MQu) que ocupa un área de 1,53 Has. (1,05%).

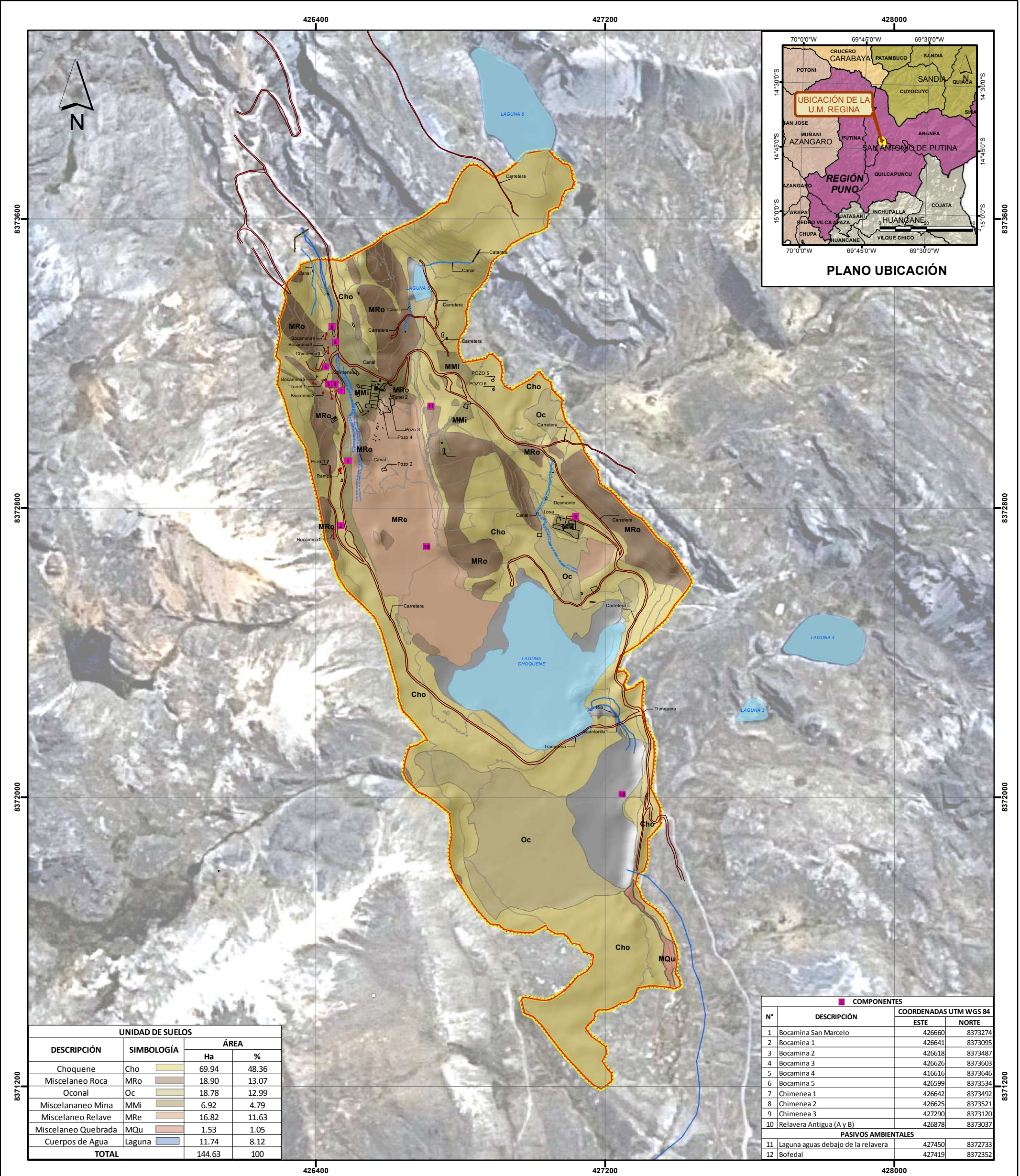
**Cuadro 4 Unidades de suelo identificadas en el área de estudio**

UNIDAD DE SUELO	SIMBOLOGÍA	ÁREA (HA)	ÁREA (%)
Choquene	Cho	69,94	48,36
Misceláneo Roca	MRo	18.90	13,07

UNIDAD DE SUELO	SIMBOLOGÍA	ÁREA (HA)	ÁREA (%)
Oconal	Oc	18.78	12,99
Misceláneo Mina	MMI	6.92	4,79
Misceláneo Relave	MRe	16.82	11,63
Misceláneo Quebrada	MQu	1.53	1,05
Cuerpos de Agua		11,74	8,12
<b>TOTAL</b>		<b>144,63</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia, en base a información extraída de Declaración Jurada del Proyecto de Exploración Cat. B “Regina”, 2007





UNIDAD DE SUELOS			
DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	ÁREA	
		Ha	%
Choquene	Cho	69.94	48.36
Miscelaneo Roca	MRo	18.90	13.07
Oconal	Oc	18.78	12.99
Miscelaneo Mina	MMi	6.92	4.79
Miscelaneo Relave	MRe	16.82	11.63
Miscelaneo Quebrada	MQu	1.53	1.05
Cuerpos de Agua	Laguna	11.74	8.12
<b>TOTAL</b>		<b>144.63</b>	<b>100</b>

COMPONENTES			
N°	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM WGS 84	
		ESTE	NORTE
1	Bocamina San Marcelo	426660	8373274
2	Bocamina 1	426641	8373095
3	Bocamina 2	426618	8373487
4	Bocamina 3	426626	8373603
5	Bocamina 4	416616	8373646
6	Bocamina 5	426599	8373534
7	Chimenea 1	426642	8373492
8	Chimenea 2	426625	8373521
9	Chimenea 3	427290	8373120
10	Relavera Antigua (A y B)	426878	8373037
PASIVOS AMBIENTALES			
11	Laguna aguas debajo de la relavera	427450	8372733
12	Bofedal	427419	8372352

**SIMBOLOGÍA**

— RÍO                      — CAMINO

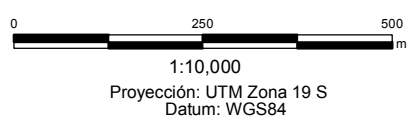
- - - CANAL                — CURVA DE NIVEL

■ LAGUNA

**LEYENDA**

▭ ÁREA DE ESTUDIO      ▲ BOCAMINA

▭ COMPONENTES E INSTALACIONES



PROYECTO: **IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELOS PARA DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE METALES EN LAS ZONAS ALEDAÑAS**

TÍTULO: **MAPA DE UNIDAD DE SUELOS**

DISEÑO: Mitzi Higinio L.	APROBADO: Mitzi Higinio L.	VERSIÓN: V-TESIS
SIG: Abel Saavedra Q.	ESCALA: 1:1,556,633	<b>Mapa N° 4</b>
REVISADO: Mitzi Higinio L.	FECHA: Diciembre, 2016	

FUENTE: RHIND 2016



#### **4.1.6.2 Capacidad de Uso Mayor de suelos.**

En el área de estudio del proyecto Regina se distinguen las siguientes clases para diferenciar la capacidad de Uso Mayor de Suelos en la zona:

- *Grupo X. Tierras de Protección.* Este grupo abarca aquellas tierras que no reúnen las condiciones edáficas, climáticas ni de relieve requeridas para producción sostenible, cultivos en limpio, perennes pastos, o especies forestales. Estas tierras poseen serias limitaciones ya sea por drenaje (w), suelos (s) o ser susceptibles a los procesos erosivos. En el área de estudio están representadas por el cuerpo de agua de la Laguna Choquene (X), los ecosistemas de roquedales (Xse) y bofedales (Xsw)
- *Grupo P. Tierras aptas para pastos.* Este grupo abarca todas aquellas tierras que cuyas características climáticas, edáficas y de relieve son aptas para la producción de pastos cultivados o naturales. En la zona de estudio estas tierras han sido clasificadas también por su clase agrológica que es Clase 2 - Media, es decir que si se desea destinarlas para la producción de pastos se tendrán que implementar prácticas de manejo intensivas destinadas a mejorar las condiciones limitantes para la producción de pastos principalmente de suelo (s). Una limitante también para la producción de estas especies son las condiciones climáticas (c) por lo que si se desea implementar algún plan de desarrollo deben considerarse especies nativas de la zona o de pastos cultivados adaptados a la zona de estudio.

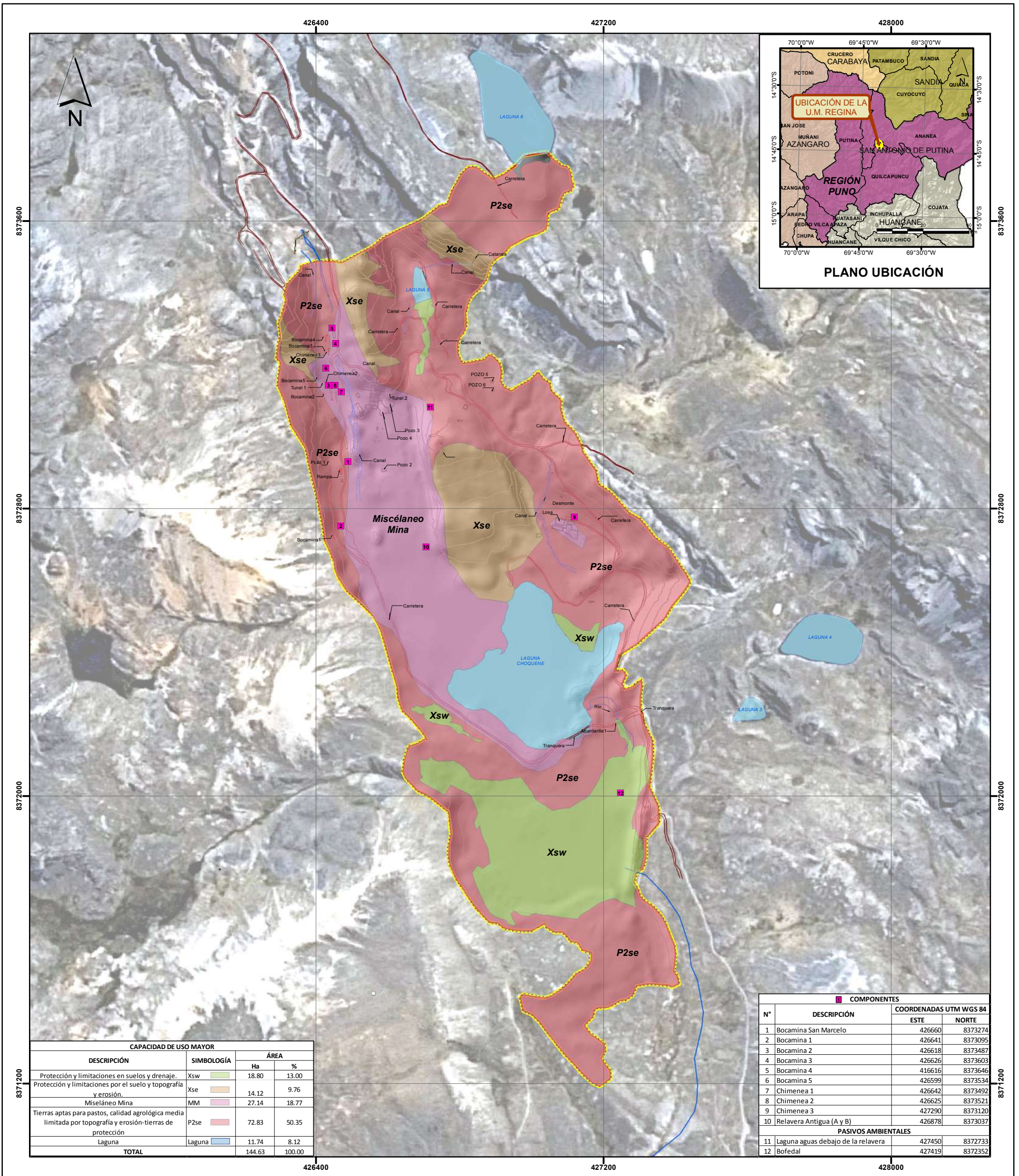
En el siguiente cuadro se detalla la capacidad de uso de mayor de suelos en el área de estudio del presente informe

**Cuadro 5 Capacidad de Uso mayor de suelos en el área de estudio**

GRUPO		AREA		CLASE			Área		
Descripción	Símbolo	Ha	%	Descripción	Símbolo	Limitaciones	Símbolo	Ha	%
Tierras aptas para Pastos	(P)	18.8	13.0			Se	P2se	18.8	13.0
				Calidad					
				Agronómica	P2	sw	Xsw	14.1	9.8
				Media					
Tierras de protección	(X)	125.8	87.0			se	Xse	72.8	50.4
				Misceláneo Mina			MM	27.1	18.8
				Laguna			Laguna	11.7	8.1
TOTAL		144.6	100	TOTAL				144.6	100

Fuente: En base a información extraída de Declaración Jurada del Proyecto de Exploración Cat. B “Regina”, 2007.



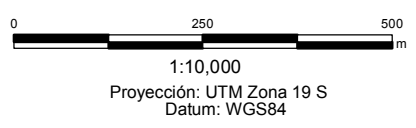


CAPACIDAD DE USO MAYOR			
DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	ÁREA	
		Ha	%
Protección y limitaciones en suelos y drenaje.	Xsw	18.80	13.00
Protección y limitaciones por el suelo y topografía y erosión.	Xse	14.12	9.76
Misceláneo Mina	MM	27.14	18.77
Tierras aptas para pastos, calidad agrológica media limitada por topografía y erosión-tierras de protección	P2se	72.83	50.35
Laguna	Laguna	11.74	8.12
<b>TOTAL</b>		<b>144.63</b>	<b>100.00</b>

COMPONENTES			
N°	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM WGS 84	
		ESTE	NORTE
1	Bocamina San Marcelo	426660	8373274
2	Bocamina 1	426641	8373095
3	Bocamina 2	426618	8373487
4	Bocamina 3	426626	8373603
5	Bocamina 4	416616	8373646
6	Bocamina 5	426599	8373534
7	Chimenea 1	426642	8373492
8	Chimenea 2	426625	8373521
9	Chimenea 3	427290	8373120
10	Relavera Antigua (A y B)	426878	8373037
PASIVOS AMBIENTALES			
11	Laguna aguas debajo de la relavera	427450	8372733
12	Bofedal	427419	8372352

SIMBOLOGÍA	
	RÍO
	LAGUNA
	CANAL
	CAMINO
	CURVA DE NIVEL

LEYENDA	
	ÁREA DE ESTUDIO
	BOCAMINA
	COMPONENTES E INSTALACIONES



PROYECTO: **IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELOS PARA DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE METALES EN LAS ZONAS ALEDAÑAS**

TÍTULO: **MAPA DE CAPACIDAD DE USO MAYOR**

DISEÑO:	Mitzi Higinio L.	APROBADO:	Mitzi Higinio L.	VERSIÓN:	V-TESIS
SIG:	Abel Saavedra Q.	ESCALA:	1:10,000	<b>Mapa N° 5</b>	
REVISADO:	Mitzi Higinio L.	FECHA:	Diciembre, 2016		

FUENTE: RHIND 2016



#### ***4.1.6.3 Uso actual del suelo***

La clasificación del Uso Actual del Suelo fue establecido en función a las condiciones actuales y, considerando las 09 clases referidas en el Sistema de Clasificación de Uso de Tierra propuesta por la Unión Geográfica Internacional (U.G.I) presentada a continuación:

- Clase 1. Áreas urbanas y/o instalaciones gubernamentales y privadas
- Clase 2. Terrenos con agricultura de hortalizas (anuales o bianuales)
- Clase 3. Terrenos agrícolas con cultivos perennes (frutales)
- Clase 4. Terrenos de agricultura extensiva
- Clase 5. Áreas de praderas mejoradas
- Clase 6. Áreas de Praderas naturales
- Clase 7. Terrenos con bosques naturales o artificiales.
- Clase 8. Terrenos pantanosos y/o Cenagosos
- Clase 9. Terrenos sin uso o improductivos (tierras en barbecho, suelos eriazos, playas, nevados, entre otros).

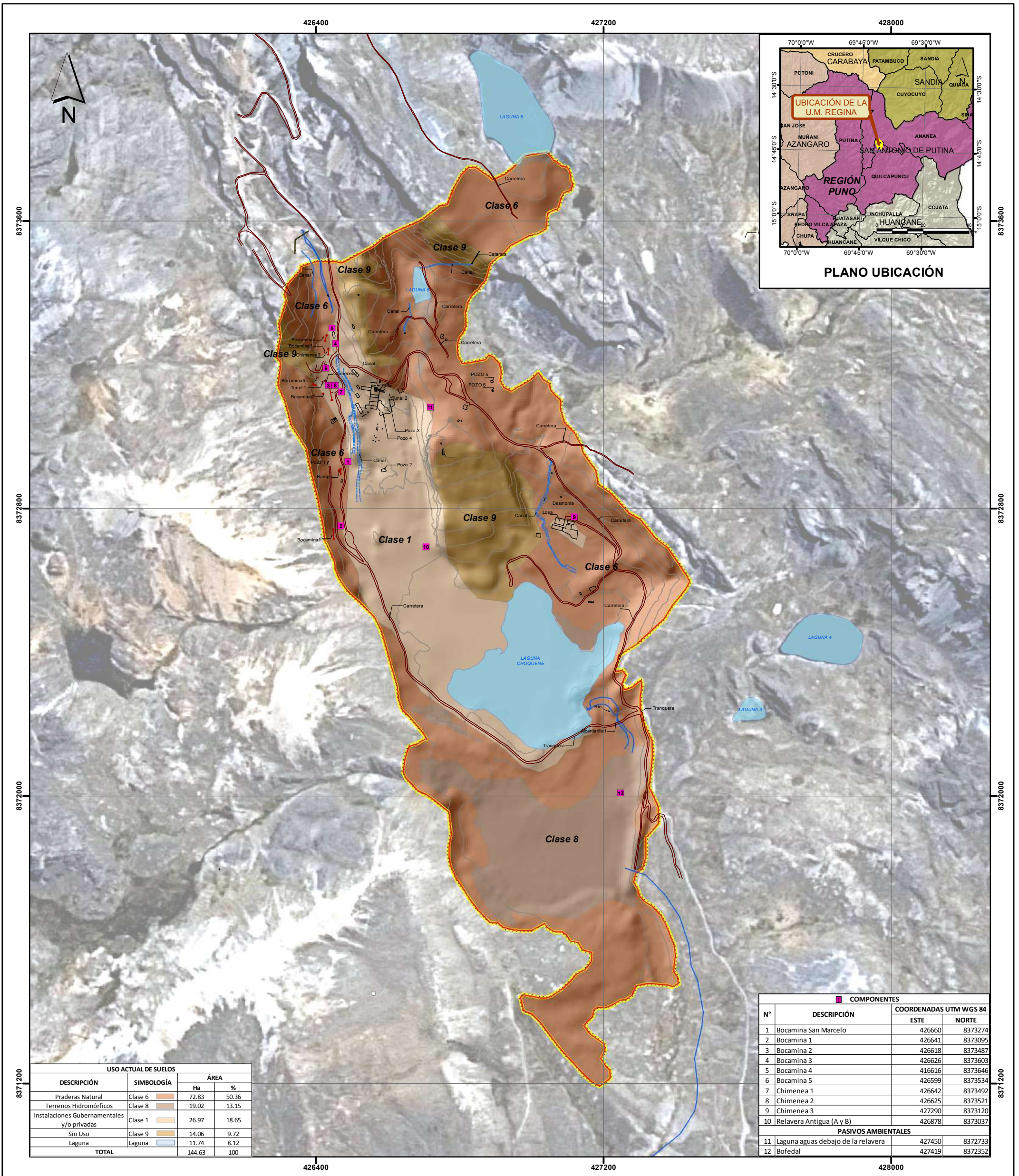
En el área de estudio del Proyecto de Exploración Regina se ha identificado que más del 50 por ciento (50,6%) del área de estudio es de Clase 6 es decir correspondiente a Praderas naturales. Los componentes mineros ocupan el, 18,65% del área mientras que los terrenos Hidromórficos o bofedales el 13,15%. Los terrenos sin uso actual ocupan el 9,72% del área.

**Cuadro 6**    **Uso actual del Suelo clasificada en el área de estudio**

Descripción	Simbología	Área	
		Ha	%
Praderas Naturales	Clase 6	72.83	50.36
Terrenos Hidromórficos	Clase 8	19.02	13.15
Instalaciones Gubernamentales y/o privadas	Clase 1	26.97	18.65
Sin Uso	Clase 9	14.06	9.72
Laguna	Laguna	11.74	8.12
TOTAL		144.63	100

Fuente: En base a la Clasificación Internacional UGI



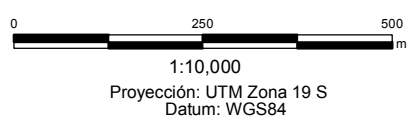


COMPONENTES			
N°	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM WGS 84	
		ESTE	NORTE
1	Bocamina San Marcelo	426660	8373274
2	Bocamina 1	426641	8373095
3	Bocamina 2	426618	8373487
4	Bocamina 3	426626	8373603
5	Bocamina 4	416616	8373646
6	Bocamina 5	426599	8373534
7	Chimenea 1	426642	8373492
8	Chimenea 2	426625	8373521
9	Chimenea 3	427290	8373120
10	Relavera Antigua (A y B)	426878	8373037
PASIVOS AMBIENTALES			
11	Laguna aguas debajo de la relavera	427450	8372733
12	Bofedal	427419	8372352

USO ACTUAL DE SUELOS			
DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	ÁREA	
		Ha	%
Praderas Natural	Clase 6	72.83	50.36
Terrenos Hidromórficos	Clase 8	19.02	13.15
Instalaciones Gubernamentales y/o privadas	Clase 1	26.97	18.65
Sin Uso	Clase 9	14.06	9.72
Laguna	Laguna	11.74	8.12
<b>TOTAL</b>		<b>144.63</b>	<b>100</b>

SIMBOLOGÍA	
	RÍO
	LAGUNA
	CANAL
	ACCESO
	CURVA DE NIVEL

LEYENDA	
	ÁREA DE ESTUDIO
	BOCAMINA
	COMPONENTES E INSTALACIONES



PROYECTO: **IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELOS PARA DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE METALES EN LAS ZONAS ALEDAÑAS**

TÍTULO: **MAPA DE USO ACTUAL DEL PROYECTO REGINA**

	DISEÑO: Mitzi Higinio L. SIG: Abel Saavedra Q. REVISADO: Mitzi Higinio L.	APROBADO: Mitzi Higinio L. ESCALA: 1:1,556,633 FECHA: Diciembre, 2016	VERSIÓN: V-TESIS <b>Mapa N° 6</b>
--	---	---	--------------------------------------

FUENTE: RHIND 2016



#### 4.1.6.4 *Uso futuro del suelo.*

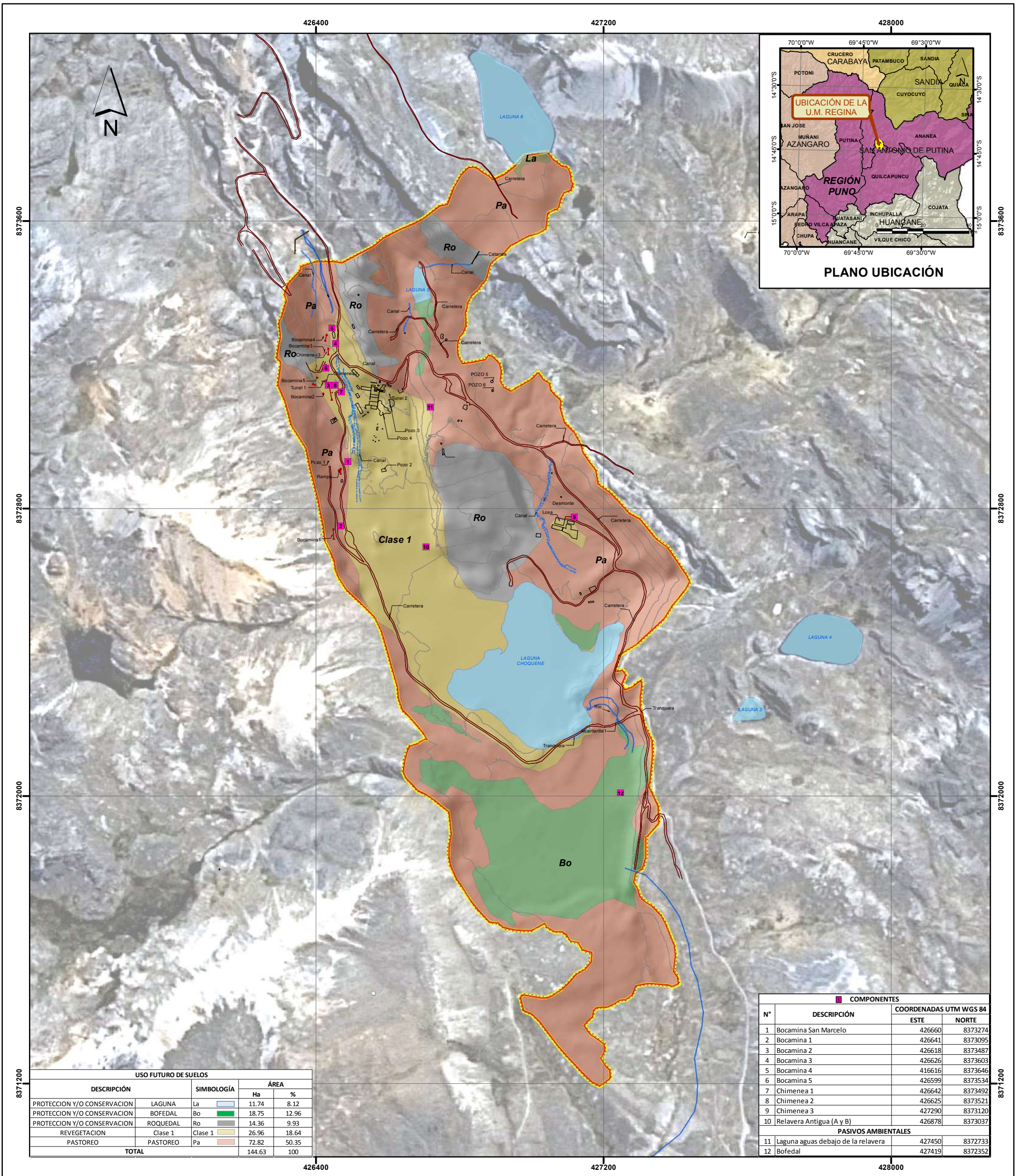
Esta clasificación se ha hecho en base a lo reportado en el Plan de Cierre de Componentes Mineros de Mina Regina, el cual contempla la revegetación como su principal actividad de cierre. Asimismo, se prevé que las zonas de praderas naturales regeneraran naturalmente y podrán ser utilizadas en el futuro como zona de Pastoreo.

**Cuadro 7    Uso futuro de suelo clasificada en el área de estudio**

Descripción	Simbología	Área		
		Ha	%	
	Laguna	La	11.74	8.12
Protección y Conservación	Bofedal	Bo	18.75	12.96
	Roquedal	Ro	14.36	9.93
Revegetación			26.96	18.64
Pastoreo	Pastoreo	Pa	72.82	50.35
TOTAL			144.63	100

Fuente: Elaboración propia, en base a información obtenida de Plan de Cierre del Proyecto Regina





USO FUTURO DE SUELOS				
DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	ÁREA	Ha	%
PROTECCION Y/O CONSERVACION	LAGUNA	La	11.74	8.12
PROTECCION Y/O CONSERVACION	BOFEDAL	Bo	18.75	12.96
PROTECCION Y/O CONSERVACION	ROQUEDAL	Ro	14.36	9.93
REVEGETACION	Clase 1	Clase 1	26.96	18.64
PASTOREO	PASTOREO	Pa	72.82	50.35
<b>TOTAL</b>			<b>144.63</b>	<b>100</b>

COMPONENTES			
N°	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM WGS 84	
		ESTE	NORTE
1	Bocamina San Marcelo	426660	8373274
2	Bocamina 1	426641	8373095
3	Bocamina 2	426618	8373487
4	Bocamina 3	426626	8373603
5	Bocamina 4	416616	8373646
6	Bocamina 5	426599	8373534
7	Chimenea 1	426642	8373492
8	Chimenea 2	426625	8373521
9	Chimenea 3	427290	8373120
10	Relavera Antigua (A y B)	426878	8373037
PASIVOS AMBIENTALES			
11	Laguna aguas debajo de la relavera	427450	8372733
12	Bofedal	427419	8372352

**SIMBOLOGÍA**

— RÍO                      — ACCESO

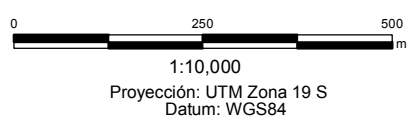
— LAGUNA                — CURVA DE NIVEL

— CANAL

**LEYENDA**

— ÁREA DE ESTUDIO                      — BOCAMINA

— COMPONENTES E INSTALACIONES



PROYECTO: **IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELOS PARA DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE METALES EN LAS ZONAS ALEDAÑAS**

TÍTULO: **MAPA DE USO FUTURO DEL PROYECTO REGINA**

	DISEÑO: Mitzi Higinio L. SIG: Abel Saavedra Q. REVISADO: Mitzi Higinio L.	APROBADO: Mitzi Higinio L. ESCALA: 1:1,556,633 FECHA: Diciembre, 2016	VERSIÓN: V-TESIS <b>Mapa N° 7</b>
--	---	---	--------------------------------------

FUENTE: RHIND 2016



#### **4.1.7 Ambiente biológico.**

Se determinó un total de 210 especies, las cuales pertenecen a 22 órdenes y 33 familias. Del total de especies registradas 202 especies son angiospermas, y ocho (08) son pteridofitas. Las angiospermas se encuentran divididas en 18 órdenes, y 29 familias. Cabe mencionar que la mayoría de especies pertenecen al orden Asterales, representado por un 35%, seguido por el orden Poales con un 28%. Las familias con mayor presencia de especie, tenemos a la familia Asteráceas con un 34%, y a la familia Poaceae con un 20%.

Respecto a la fauna identificada, tenemos que se observaron 44 especies de animales, entre los cuales tenemos un anfibio, un reptil, 28 aves, correspondiente a 16 familias, y 14 especies de mamíferos, los cuales pertenecen a 6 familias.<sup>35</sup>

#### **4.1.8 Ambiente social.**

Las comunidades campesinas (C.C) Peña Azul, y Condoraque, pertenecen al área de influencia directa social (AIDS) del proyecto minero. La C.C Peña Azul se emplaza en el distrito de Ananea, y registra 38 familias. Respecto a la C.C Condoraque, se ubica en el distrito Quilcapuncu, en donde viven 32 comuneros.

### **4.2 Descripción del proyecto minero Regina**

Actualmente, mina Regina se encuentra en proceso de Cierre de sus componentes principales y auxiliares.

---

<sup>35</sup> Consultora Ambiental. (2015). Plan de Cierre del Pasivos Ambientales Mineros “Mina Regina”. Lima, Perú.

Los componentes principales perteneciente al labor minera son siete (07) bocaminas, las cuales tenemos a la bocamina Rampa Marcelo, bocamina 1, bocamina 2, bocamina 3, bocamina 4, bocamina 5, bocamina SN. Del mismo modo, mina Regina posee siete (07) chimeneas, entre ellas tenemos: chimenea 1, chimenea 1A, chimenea 2, chimenea 3, chimenea 4, chimenea 5, y chimenea circular. También cuenta con depósitos de relaves, el mismo que se ubica aguas arriba de la laguna Choquene. El relave está conformado por arenas, arcillas y limo de baja plasticidad “CL-ML” y “SC”, de color gris amarillento muy húmedo, con un pH cuyo valor oscila entre 2.57-2.99.

#### **4.2.1 Pasivos ambientales.**

##### ***4.2.1.1 Laguna Choquene.***

Se ubica aguas abajo del depósito de relaves, y la planta concentradora a una altitud de 4 569 msnm. La laguna tiene un área superficial de 0.096 km<sup>2</sup>, y un volumen aproximado de 114 787 m<sup>3</sup>. La contaminación de la laguna se ha producido durante las operaciones de la mina Regina, que recibió los efluentes de las bocaminas, y las descargas directas del agua contenida en los relaves. Posteriormente, una vez paralizadas las operaciones en 1997, el agua de escorrentía en contacto con el relave siguió drenado hacia la laguna debido a que no se contaba con estructuras de derivación de aguas.

##### ***4.2.1.2 Bofedal.***

Posee una extensión de 18.02 ha aproximadamente, siendo 5.6 ha impactadas por actividades mineras (descarga de la laguna Choquene) anteriores a la administración de la compañía minera

Sillustani. Actualmente, el área afectada esta colonizada con especies propias de bofedales impactadas, (*Oxychloe andina* y/o *Aciachne pulvinata*).

### 4.3 Resultados

En la presente sección se procede a detallar los resultados obtenidos de la evaluación realizada, así como la interpretación de los mismos. Es preciso mencionar que se estableció cuarenta y seis estaciones de muestreo de suelo en el área de estudio del proyecto minero. De las cuales quince estaciones de muestreo fueron muestras compuestas (MIC), doce fueron muestras simples (MI), y cinco (05) fueron muestras de nivel de fondo (NF).

A continuación se indica la codificación de las estaciones de muestreo, así como las coordenadas UTM WGS-84.

**Cuadro 8 Estaciones de muestreo de suelos**

N°	ESTACIONES DE MUESTREO	COORDENADAS UTM - WGS84 - ZONA 19S	
		ESTE	NORTE
Muestras Simples			
1	MI-RE-12	426,358	8,373,213
2	MI-RE-17	426,622	8,373,202
3	MI-RE-18	426,398	8,373,125
4	MI-RE-19	426,446	8,372,985
5	MI-RE-23	426,789	8,373,120

N°	ESTACIONES DE MUESTREO	COORDENADAS UTM - WGS84 - ZONA 19S	
		ESTE	NORTE
6	MI-RE-29	426,857	8,373,032
7	MI-RE-34	427,046	8,372,788
8	MI-RE-35	427,103	8,372,833
9	MI-RE-38	427,135	8,372,705
10	MI-RE-39	427,232	8,372,797
11	MI-RA-40	426,721	8,372,315
12	MI-RE-46	427,126	8,372,611
Muestras Compuestas			
13	MIC-RE-10(1)	426,425	8,373,345
14	MIC-RE-10(2)	426,425	8,373,345
15	MIC-RE-13(2)	426,443	8,373,255
16	MIC-RE-15(1)	426,640	8,373,360
17	MIC-RE-15(2)	426,640	8,373,360
18	MIC-RE-24(1)	426,754	8,373,034
19	MIC-RE-24(2)	426,754	8,373,034
20	MIC-RE-25(1)	426,494	8,372,965
21	MIC-RE-25(2)	426,494	8,372,965
22	MIC-RE-26(1)	426,466	8,372,900
23	MIC-RE-26(2)	426,466	8,372,900
24	MIC-RE-27(1)	426,520	8,372,816

N°	ESTACIONES DE MUESTREO	COORDENADAS UTM - WGS84 - ZONA 19S	
		ESTE	NORTE
25	MIC-RE-27(2)	426,520	8,372816
26	MIC-RE-31(1)	426,500	8,372669
27	MIC-RE-31(2)	426,500	8,372669
28	MIC-RE-38(1)	426,709	8,372411
29	MIC-RE-38(2)	426,709	8,372411
30	MIC-RE-39(1)	426,635	8,372489
31	MIC-RE-39(2)	426,635	8,372489
32	MIC-RE-41(1)	426,799	8,372234
33	MIC-RE-41(2)	426,799	8,372234
34	MIC-RE-42(1)	427,085	8,372532
35	MIC-RE-42(2)	427,085	8,372532
36	MIC-RE-45(1)	427,188	8,372605
37	MIC-RE-45(2)	427,188	8,372605
38	MIC-RE-57(1)	427,375	8,371519
39	MIC-RE-57(2)	427,375	8,371519
40	MIC-RE-63(1)	427,208	8,371723
41	MIC-RE-63(2)	427,208	8,371723
Nivel de Fondo			
42	MNF-RE-C2	426,444	8,3734445
43	MNF-RE-C5	426,359	8,373040

N°	ESTACIONES DE MUESTREO	COORDENADAS UTM - WGS84 - ZONA 19S	
		ESTE	NORTE
44	MNF-RE-C9	427,121	8,372987
45	MNF-RE-C11	426,639	8,372298
46	MNF-RE-C12	427,371	8,372552

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Los resultados de las muestras de suelo correspondientes a las estaciones de muestreo indicadas en el cuadro antecesor se presentan en el siguiente cuadro. Cabe mencionar que se procedió a colocar de color azul aquellos resultados que sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental para suelo, aprobado mediante el D.S. N° 002-2013-MINAM.

**Tabla 2 ECA para Suelo**

PARÁMETROS	USO DE SUELOS
	SUELO INDUSTRIAL
Cianuro libre (mg/kg MS)	8
Bario total (mg/kg MS)	2000
Cromo VI (mg/kg MS)	1,4
Mercurio total (mg/kg MS)	24
Arsénico (mg/kg MS)	140
Cadmio (mg/kg MS)	22
Plomo (mg/kg MS)	1200

Fuente: D.S N° 003-2013-MINAM, Aprobación del Estándar de Calidad Ambiental para Suelo.

**Tabla 3      Resultados de las muestras de suelo**

N°	MUESTRA DE IDENTIFICACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CIANURO LIBRE	MERCURIO	BARIO	ARSÉNICO	CADMIO	CROMO VI	PLOMO TOTAL
1	MI-RE-12	mg/Kg MS	0.04	25.45	100.06	327.99	0.03	0.10	56.21
2	MI-RE-17	mg/Kg MS	0.04	3.82	34.93	271.55	0.38	0.10	104.45
3	MI-RE-18	mg/Kg MS	0.04	8.12	38.90	257.55	0.11	0.10	100.89
4	MI-RE-19	mg/Kg MS	0.04	0.20	35.76	419.62	0.33	0.10	1,251.34
5	MI-RE-23	mg/Kg MS	0.04	0.31	59.04	240.05	0.06	0.10	77.60
6	MI-RE-29	mg/Kg MS	0.04	0.24	50.11	156.85	0.19	0.10	63.22
7	MI-RE-34	mg/Kg MS	0.04	8.84	205.88	150.07	14.83	0.10	7,271.76
8	MI-RE-35	mg/Kg MS	0.04	0.51	40.03	367.34	0.82	0.10	1,375.07
9	MI-RE-38	mg/Kg MS	0.04	0.29	93.52	308.33	0.53	0.10	293.08
10	MI-RE-39	mg/Kg MS	0.04	1.04	32.40	1,569.67	1.08	0.10	6,758.25



N°	MUESTRA DE IDENTIFICACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CIANURO LIBRE	MERCURIO	BARIO	ARSÉNICO	CADMIO	CROMO VI	PLOMO TOTAL
11	MI-RE-40	mg/Kg MS	0.04	2.80	46.40	314.10	0.06	0.10	43.35
12	MI-RE-46	mg/Kg MS	0.04	0.55	74.19	206.06	2.73	0.10	460.63
13	MIC-RE-10-1	mg/Kg MS	0.04	9.34	43.58	295.79	1.23	0.10	129.33
14	MIC-RE-10-2	mg/Kg MS	0.04	1.44	55.85	776.78	1.93	0.10	67.27
15	MIC-RE-13-2	mg/Kg MS	0.04	15.32	147.23	461.62	0.86	0.10	112.05
16	MIC-RE-15-1	mg/Kg MS	0.04	0.58	51.54	207.02	0.33	0.10	92.15
17	MIC-RE-15-2	mg/Kg MS	0.04	0.36	44.50	393.41	0.12	0.10	110.26
18	MIC-RE-24-1	mg/Kg MS	0.04	5.80	64.31	196.48	0.29	0.10	78.04
19	MIC-RE-24-2	mg/Kg MS	0.04	0.74	55.32	187.45	0.25	0.10	99.58
20	MIC-RE-25-1	mg/Kg MS	0.04	9.22	35.64	837.36	0.21	0.10	160.23
21	MIC-RE-25-2	mg/Kg MS	0.04	4.50	42.65	1,054.56	0.21	0.10	229.07
22	MIC-RE-26-1	mg/Kg MS	0.04	68.94	118.09	193.55	0.09	0.10	76.33

N°	MUESTRA DE IDENTIFICACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CIANURO LIBRE	MERCURIO	BARIO	ARSÉNICO	CADMIO	CROMO VI	PLOMO TOTAL
23	MIC-RE-26-2	mg/Kg MS	0.04	25.03	85.76	201.07	0.11	0.10	49.12
24	MIC-RE-27-1	mg/Kg MS	0.04	1.35	46.99	297.51	0.05	0.10	84.85
25	MIC-RE-27-2	mg/Kg MS	0.04	1.22	94.77	315.43	0.03	0.10	73.22
26	MIC-RE-31-1	mg/Kg MS	0.04	0.91	36.65	181.28	0.05	0.10	82.37
27	MIC-RE-31-2	mg/Kg MS	0.04	0.13	53.13	209.83	0.17	0.10	92.55
28	MIC-RE-38-1	mg/Kg MS	0.04	0.67	60.22	509.37	0.12	0.10	47.68
29	MIC-RE-38-2	mg/Kg MS	0.04	1.33	92.05	1,096.19	0.06	0.10	78.43
30	MIC-RE-39-1	mg/Kg MS	0.04	1.44	47.21	706.32	0.08	0.10	54.59
31	MIC-RE-39-2	mg/Kg MS	0.04	0.99	50.56	1,415.04	0.10	0.10	69.49
32	MIC-RE-41-1	mg/Kg MS	0.04	0.94	79.77	348.93	0.12	0.10	64.92
33	MIC-RE-41-2	mg/Kg MS	0.04	0.49	61.07	341.24	0.19	0.10	50.13
34	MIC-RE-42-1	mg/Kg MS	0.04	0.41	85.24	223.38	6.06	0.10	465.46

N°	MUESTRA DE IDENTIFICACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CIANURO LIBRE	MERCURIO	BARIO	ARSÉNICO	CADMIO	CROMO VI	PLOMO TOTAL
35	MIC-RE-42-2	mg/Kg MS	0.04	0.07	103.70	188.24	6.33	0.10	198.22
36	MIC-RE-45-1	mg/Kg MS	0.04	0.07	51.36	300.47	3.94	0.10	340.52
37	MIC-RE-45-2	mg/Kg MS	0.04	0.09	46.06	255.96	2.62	0.10	346.92
38	MIC-RE-57-1	mg/Kg MS	0.04	0.13	80.07	142.20	0.58	0.10	160.47
39	MIC-RE-57-2	mg/Kg MS	0.04	0.25	112.50	154.16	1.18	0.10	152.34
40	MIC-RE-63-1	mg/Kg MS	0.04	0.20	60.67	175.80	0.19	0.10	112.59
41	MIC-RE-63-2	mg/Kg MS	0.04	0.16	76.75	189.77	0.23	0.10	128.14
42	MNF-RE -C2	mg/Kg MS	0.04	1.38	55.19	171.44	0.15	0.10	46.65
43	MNF-RE -C5	mg/Kg MS	0.04	0.69	55.51	399.57	0.12	0.10	94.90
44	MNF-RE-C9	mg/Kg MS	0.04	0.22	43.38	315.63	0.40	0.10	1,181.88
45	MNF-RE-C11	mg/Kg MS	0.04	0.25	61.42	177.18	0.23	0.10	51.40
46	MNF-RE-C12	mg/Kg MS	0.04	0.16	36.10	414.80	0.33	0.10	1,203.09

N°	MUESTRA DE IDENTIFICACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CIANURO LIBRE	MERCURIO	BARIO	ARSÉNICO	CADMIO	CROMO VI	PLOMO TOTAL
	ECA para Suelo (D.S. N° 002-2013-MINAM)		8	24	2,000	140	22	1.4	1,200

Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados obtenidos del laboratorio, 2016.

Tal como se logra visualizar en la tabla de resultados, observamos que la muestra simple MI-RE-12 sobrepasa el ECA para suelo, parámetro Mercurio con 25.45 (mg/Kg MS), el mismo caso tenemos para las muestras compuestas MIC-RE-26 (1), y MIC.RE.26 (2), las cuales sobrepasan el ECA para suelo con valores 68.94 (mg/Kg MS), y 25.03 (mg/Kg MS).

Las muestras que sobrepasaron el ECA para suelo, parámetro Plomo, fueron cuatro (04) muestras simples, las cuales son: MI-RE-19, con 1,251.34 (mg/Kg MS), MI-RE-34 con 7,271.76 (mg/Kg MS), MI-RE-35 con 1,375.07 (mg/Kg MS), y MI-RE-39 con 6,758.25 (mg/Kg MS). Y dos muestras de nivel de fondo, MNF-RE-C9 con 1,181.88 (mg/Kg MS), y MNF-RE-C12 con 1,203.09 (mg/Kg MS). El otro parámetro que sobrepasó el ECA para Suelo, fue el Arsénico, el cual se presenta en todas las muestras simples, compuestas y nivel de fondo evaluadas.

Cabe indicar que de acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio, los parámetros: Cianuro Libre, Bario, Cadmio, y Cromo VI se encuentran por debajo de los valores establecidos como límites en el Estándar de Calidad Ambiental para suelo.

Es preciso mencionar que de acuerdo a la ubicación de las estaciones de muestreo, se ha procedido a realizar un análisis en base a las actividades mineras realizadas en el área de estudio, y de acuerdo a la mineralogía propia del lugar.

Se estableció como punto de partida las muestras de nivel de fondo (NF), ya que estos se encuentran en el mismo territorio pero lejos de los componentes mineros y las actividades mineras. Por tal motivo en base a ese tipo de comparación podremos agrupar las muestras influenciadas por la mineralogía propia del área evaluada.

### 4.3.1 Muestras Influenciadas por la Mineralogía del área.

En la siguiente sección se detalla el comportamiento de las muestras de suelos, las cuales han tenido influencia natural. Validado por los resultados de las muestras de suelo de nivel de fondo.

**Tabla 4 Muestras de suelo influenciadas por la Mineralogía del área**

ESTACION DE MUESTREO	MERCURIO	ARSÉNICO	PLOMO TOTAL	UNIDAD DE MEDIDA
MNF-RE-C2	1.38	171.44	46.65	mg/Kg MS
MIC-RE-10(1)	9.34	295.79	129.33	mg/Kg MS
MIC-RE-10(2)	1.44	776.78	67.27	mg/Kg MS
MIC-RE-15(1)	0.58	207.02	92.15	mg/Kg MS
MIC-RE-15(2)	0.36	393.41	110.26	mg/Kg MS
MNF-RE-C5	0.69	399.57	94.9	mg/Kg MS
MI-RE-18	8.12	257.55	100.89	mg/Kg MS
MIC-RE-27(1)	1.35	297.51	84.85	mg/Kg MS
MIC-RE-27(2)	1.22	315.43	73.22	mg/Kg MS
MIC-RE-31(1)	0.91	181.28	82.37	mg/Kg MS
MIC-RE-31(2)	0.13	209.83	92.55	mg/Kg MS
MNF-RE-C11	0.25	177.18	51.4	mg/Kg MS
MIC-RE-63(1)	0.2	175.8	112.59	mg/Kg MS
MIC-RE-63(2)	0.16	189.77	128.14	mg/Kg MS
MNF-RE-C9	0.22	315.63	1,181.88	mg/Kg MS
MI-RE-29	0.24	156.85	63.22	mg/Kg MS
MI-RE-23	0.31	240.05	77.6	mg/Kg MS
MI-RE-17	3.82	271.55	104.45	mg/Kg MS
MIC-RE-24(1)	5.8	196.48	78.04	mg/Kg MS
MIC-RE-24(2)	0.74	187.45	99.58	mg/Kg MS

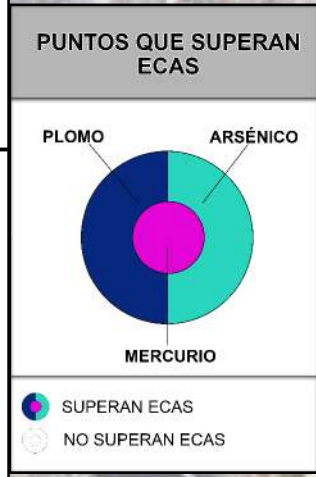
ESTACION DE MUESTREO	MERCURIO	ARSÉNICO	PLOMO TOTAL	UNIDAD DE MEDIDA
MNF-RE-C12	0.16	414.8	1,203.09	mg/Kg MS
MIC-RE-42(1)	0.41	223.38	465.46	mg/Kg MS
MIC-RE-42(2)	0.07	188.24	198.22	mg/Kg MS
MIC-RE-45(1)	0.07	300.47	340.52	mg/Kg MS
MIC-RE-45(2)	0.09	255.96	346.92	mg/Kg MS
MIC-RE-57(1)	0.13	142.2	160.47	mg/Kg MS
MIC-RE-57(2)	0.25	154.16	152.34	mg/Kg MS
MI-RE-46	0.55	206.06	460.63	mg/Kg MS
MI-RE-38	0.29	308.33	293.08	mg/Kg MS

Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados obtenidos del laboratorio, 2016.

En el siguiente Mapa se presenta la ubicación de las estaciones mencionadas en la tabla precedente.

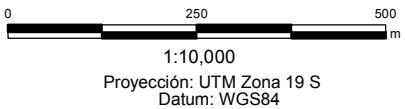
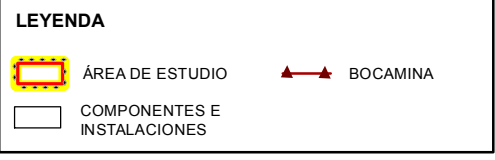
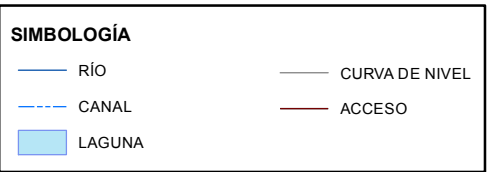


CÓDIGO	COORDENADAS UTM WGS 84	
	ESTE	NORTE
MNF-RE-C2	426444	8373445
MIC-RE-10(1)	426425	8373345
MIC-RE-10(2)	426425	8373345
MIC-RE-15(1)	426640	8373360
MIC-RE-15(2)	426640	8373360
MNF-RE-C5	426359	8373040
MI-RE-18	426398	8373125
MIC-RE-27(1)	426520	8372816
MIC-RE-27(2)	426520	8372816
MIC-RE-31(1)	426500	8372669
MIC-RE-31(2)	426500	8372669
MNF-RE-C11	426639	8372298
MIC-RE-63(1)	427208	8371723
MIC-RE-63(2)	427208	8371723
MNF-RE-C9	427121	8372987
MI-RE-29	426857	8373032
MI-RE-23	426789	8373120
MI-RE-17	426622	8373202
MIC-RE-24(1)	426754	8373034
MIC-RE-24(2)	426754	8373034
MNF-RE-C12	427371	8372552
MIC-RE-42(1)	427085	8372532
MIC-RE-42(2)	427085	8372532
MIC-RE-45(1)	427188	8372605
MIC-RE-45(2)	427188	8372605
MIC-RE-57(1)	427375	8371519
MIC-RE-57(2)	427375	8371519
MI-RE-46	427126	8372611
MI-RE-38	427135	8372705



MAPA GEOLÓGICO						
ERA	SISTEMA	SERIE	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE UNIDADES	ÁREA	
					Ha	%
PALEOZOICA	CARBONIFERO	INFERIOR	Cl-a	Grupo Ambo	125.79	86.97
			Laguna	Cuerpos de Agua	18.64	13.03
<b>TOTAL</b>					<b>144.63</b>	<b>100</b>

N°	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM WGS 84	
		ESTE	NORTE
1	Bocamina San Marcelo	426660	8373274
2	Bocamina 1	426641	8373095
3	Bocamina 2	426618	8373487
4	Bocamina 3	426626	8373603
5	Bocamina 4	416616	8373646
6	Bocamina 5	426599	8373534
7	Chimenea 1	426642	8373492
8	Chimenea 2	426625	8373521
9	Chimenea 3	427290	8373120
10	Relavera Antigua (A y B)	426878	8373037
<b>PASIVOS AMBIENTALES</b>			
11	Laguna aguas debajo de la relavera	427450	8372733
12	Bofedal	427419	8372352



PROYECTO: **IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELOS PARA DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE METALES EN LAS ZONAS ALEDAÑAS**

TÍTULO: **MAPA DE ESTACIONES DE MUESTREO INFLUENCIADAS POR LA GEOLOGÍA**

DISEÑO:	Mitzi Higinio L.	APROBADO:	Mitzi Higinio L.	VERSIÓN:	V-TESIS
SIG:	Abel Saavedra Q.	ESCALA:	1:10,000	<b>Mapa N° 8</b>	
REVISADO:	Mitzi Higinio L.	FECHA:	Diciembre, 2016		

FUENTE: RHIND 2016



### 4.3.2 Muestras de suelos que superan el Estándar de Calidad Ambiental.

En el presente ítem se procede a detallar las estaciones que sobrepasan el ECA par suelo, por pasivos ambientales, que no fueron originados por la compañía minera Sillustani, sino por el ex titular de la mina Regina.

En la siguiente tabla se presenta las estaciones de muestreo, que sobrepasan el ECA para suelo.

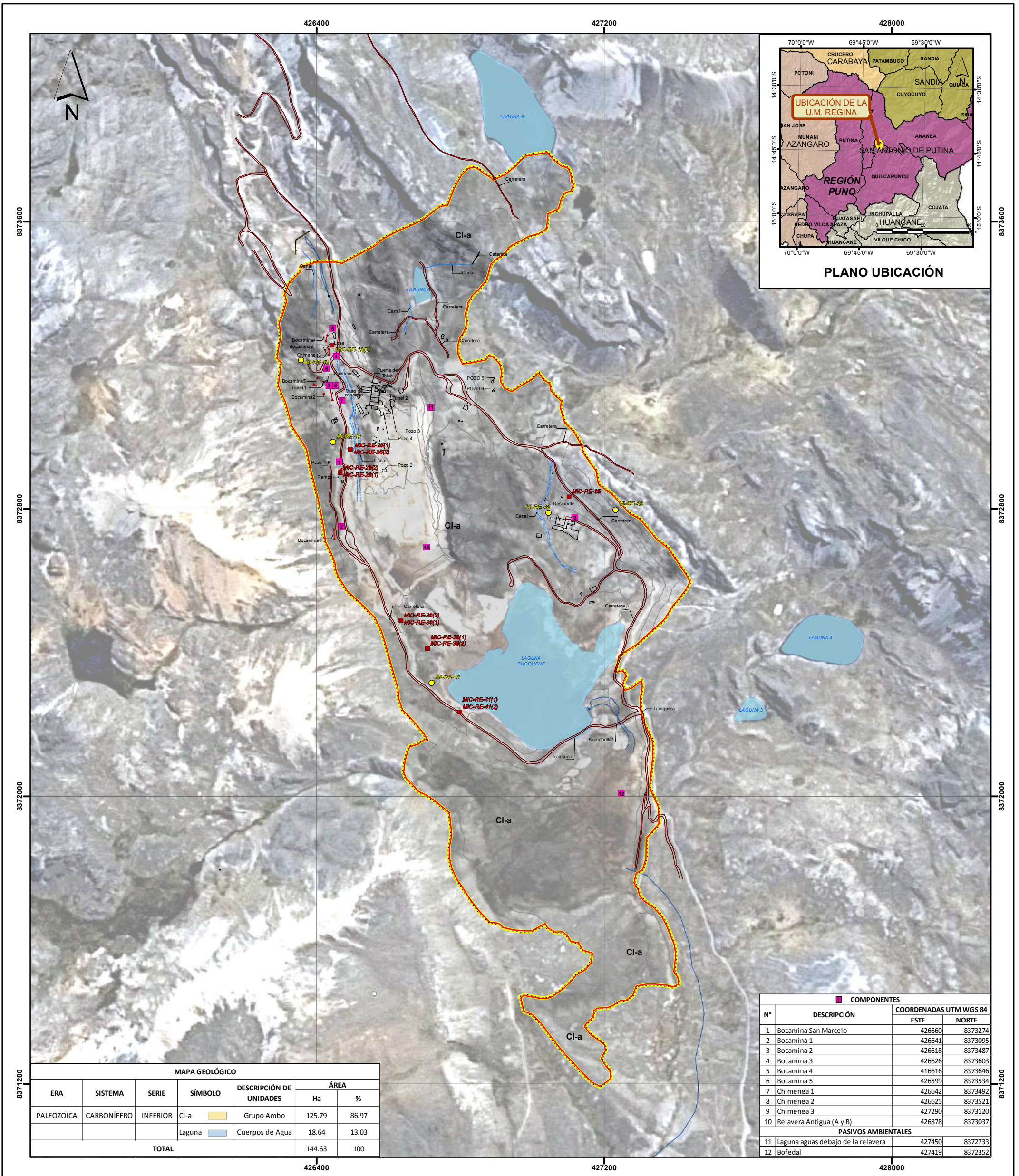
**Tabla 5 Muestras que superan el ECA para Suelo**

ESTACIONES DE MUESTREO	MERCURIO	ARSÉNICO	PLOMO	UNIDAD DE MEDIDA
MI-RE-12	25.45	327.99	56.21	mg/Kg MS
MIC-RE-13(2)	15.32	461.62	112.05	mg/Kg MS
MI-RE-19	35.76	419.62	1,251.34	mg/Kg MS
MIC-RE-25(1)	9.22	837.36	160.23	mg/Kg MS
MIC-RE-25(2)	4.5	1,054.56	229.07	mg/Kg MS
MIC-RE-26(1)	68.94	193.55	76.33	mg/Kg MS
MIC-RE-26(2)	25.03	201.07	49.12	mg/Kg MS
MIC-RE-38(1)	0.67	509.37	47.68	mg/Kg MS
MIC-RE-38(2)	1.33	1,096.19	78.43	mg/Kg MS
MIC-RE-39(1)	1.44	706.32	54.59	mg/Kg MS
MIC-RE-39(2)	0.99	1,415.04	69.49	mg/Kg MS
MI-RA-40	2.8	314.1	43.35	mg/Kg MS
MIC-RE-41(1)	0.94	348.93	64.92	mg/Kg MS
MIC-RE-41(2)	0.49	341.24	50.13	mg/Kg MS
MI-RE-34	8.84	150.07	7,271.76	mg/Kg MS

ESTACIONES DE MUESTREO	MERCURIO	ARSÉNICO	PLOMO	UNIDAD DE MEDIDA
MIC-RE-35	0.51	367.34	1,375.07	mg/Kg MS
MI-RE-39	1.04	1,569.67	6,758.25	mg/Kg MS

Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados obtenidos del laboratorio, 2016.





N°	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM WGS 84	
		ESTE	NORTE
1	Bocamina San Marcelo	426660	8373274
2	Bocamina 1	426641	8373095
3	Bocamina 2	426618	8373487
4	Bocamina 3	426626	8373603
5	Bocamina 4	416616	8373646
6	Bocamina 5	426599	8373534
7	Chimenea 1	426642	8373492
8	Chimenea 2	426625	8373521
9	Chimenea 3	427290	8373120
10	Relavera Antigua (A y B)	426878	8373037
<b>PASIVOS AMBIENTALES</b>			
11	Laguna aguas debajo de la relavera	427450	8372733
12	Bofedal	427419	8372352

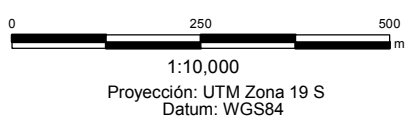
MAPA GEOLÓGICO						
ERA	SISTEMA	SERIE	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE UNIDADES	ÁREA	
					Ha	%
PALEOZOICA	CARBONÍFERO	INFERIOR	Ci-a	Grupo Ambo	125.79	86.97
			Laguna	Cuerpos de Agua	18.64	13.03
<b>TOTAL</b>					<b>144.63</b>	<b>100</b>

**SIMBOLOGÍA**

RÍO	CURVA DE NIVEL
CANAL	ACCESO
LAGUNA	

**LEYENDA**

ÁREA DE ESTUDIO	MUESTRAS SIMPLES
BOCAMINA	MUESTRAS COMPUESTAS
COMPONENTES E INSTALACIONES	



PROYECTO: **IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELOS PARA DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE METALES EN LAS ZONAS ALEDAÑAS**

TÍTULO: **MAPA DE ESTACIONES DE MUESTREO QUE SUPERAN ECAS PARA SUELOS**

DISEÑO:	Mitzi Higinio L.	APROBADO:	Mitzi Higinio L.	VERSIÓN:	V-TESIS
SIG:	Abel Saavedra Q.	ESCALA:	1:10,000	<b>Mapa N° 9</b>	
REVISADO:	Mitzi Higinio L.	FECHA:	Diciembre, 2016		

FUENTE: RHIND 2016



#### **4.4 Análisis y resultados**

En el siguiente ítem se presenta el comportamiento de los metales pesados que sobrepasan el ECA para suelo, entre los cuales tenemos: Arsénico (As), Mercurio (Hg) y Plomo (Pb). Asimismo se precisa la fuente de los desvíos ambientales identificados.

##### **4.4.1 Muestras Influenciadas por la Mineralogía del área.**

A continuación se precisa y justifica los desvíos ambientales presentados en las muestras de suelo, los cuales estarían siendo influenciados de manera natural, por ubicarse en una zona minera, es decir área mineralizada.

###### **4.4.1.1 Arsénico (As).**

La presencia de Arsénico en el área de evaluada, como se mencionó anteriormente, es que el proyecto se ubica en una zona minera, donde hubo actividad minera entre los años 1975 y 1997; siendo el tungsteno el mineral de extracción. Se sabe que en los yacimientos de Cobre se encuentra un porcentaje de arsénico, lo cual podría responder sobre la presencia de origen natural del metal antes mencionado. Cabe mencionar que los desvíos ambientales identificados en las muestras de suelo podrían ser a causa de la influencia de los pasivos ambientales originados por el ex titular de Mina Regina.

Adicionalmente, es preciso mencionar que el Arsénico se encuentra de forma natural en la corteza terrestre, así como en zonas mineras como es el caso de Mina Regina.

En la siguiente tabla se detallan los puntos de muestreo que han superado el ECA para suelo.

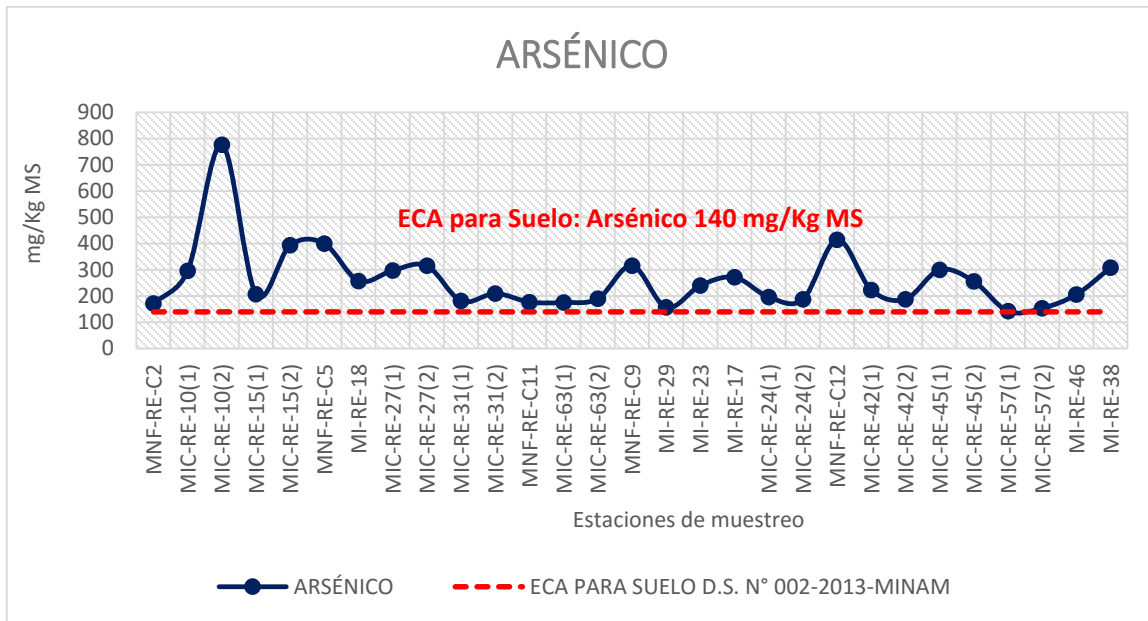
**Tabla 6 Presencia del Arsénico de origen natural**

N°	ESTACION DE MUESTREO	ARSÉNICO	UNIDAD DE MEDIDA	ECA SUELO PARA ARSÉNICO (mg/Kg MS)
1	MNF-RE-C2	171.44	mg/Kg MS	140
2	MIC-RE-10(1)	295.79	mg/Kg MS	140
3	MIC-RE-10(2)	776.78	mg/Kg MS	140
4	MIC-RE-15(1)	207.02	mg/Kg MS	140
5	MIC-RE-15(2)	393.41	mg/Kg MS	140
6	MNF-RE-C5	399.57	mg/Kg MS	140
7	MI-RE-18	257.55	mg/Kg MS	140
8	MIC-RE-27(1)	297.51	mg/Kg MS	140
9	MIC-RE-27(2)	315.43	mg/Kg MS	140
10	MIC-RE-31(1)	181.28	mg/Kg MS	140
11	MIC-RE-31(2)	209.83	mg/Kg MS	140
12	MNF-RE-C11	177.18	mg/Kg MS	140
13	MIC-RE-63(1)	175.8	mg/Kg MS	140
14	MIC-RE-63(2)	189.77	mg/Kg MS	140
15	MNF-RE-C9	315.63	mg/Kg MS	140
16	MI-RE-29	156.85	mg/Kg MS	140
17	MI-RE-23	240.05	mg/Kg MS	140
18	MI-RE-17	271.55	mg/Kg MS	140
19	MIC-RE-24(1)	196.48	mg/Kg MS	140
20	MIC-RE-24(2)	187.45	mg/Kg MS	140
21	MNF-RE-C12	414.8	mg/Kg MS	140
22	MIC-RE-42(1)	223.38	mg/Kg MS	140
23	MIC-RE-42(2)	188.24	mg/Kg MS	140
24	MIC-RE-45(1)	300.47	mg/Kg MS	140
25	MIC-RE-45(2)	255.96	mg/Kg MS	140

N°	ESTACION DE MUESTREO	ARSÉNICO	UNIDAD DE MEDIDA	ECA SUELO PARA ARSÉNICO (mg/Kg MS)
26	MIC-RE-57(1)	142.2	mg/Kg MS	140
27	MIC-RE-57(2)	154.16	mg/Kg MS	140
28	MI-RE-46	206.06	mg/Kg MS	140
29	MI-RE-38	308.33	mg/Kg MS	140

Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados obtenidos del laboratorio, 2016.

En la siguiente figura se presenta el comportamiento del arsénico en las estaciones de muestra de suelo evaluadas.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

**Figura N° 6 Estaciones de muestreo con presencia de Arsénico (As)**

De la figura anterior, observamos que la estación MIC-RE-10(2) presenta mayor concentración de arsénico con un valor de 776.78 mg/Kg MS, de igual forma visualizamos que la estación de muestreo MIC-RE-57-1 presenta menor concentración en comparación con las otras estaciones de muestreo con un valor de 142.20 mg/Kg MS.

#### 4.4.1.2 Mercurio (Hg).

En la Tabla 7 y Figura 7, se puede observar que el comportamiento del mercurio se encuentra por debajo del valor 24 mg/Kg MS, establecido en el Estándar de Calidad Ambiental para suelo, el cual se aprobó a través del D.S. N° 002-2013-MINAM.

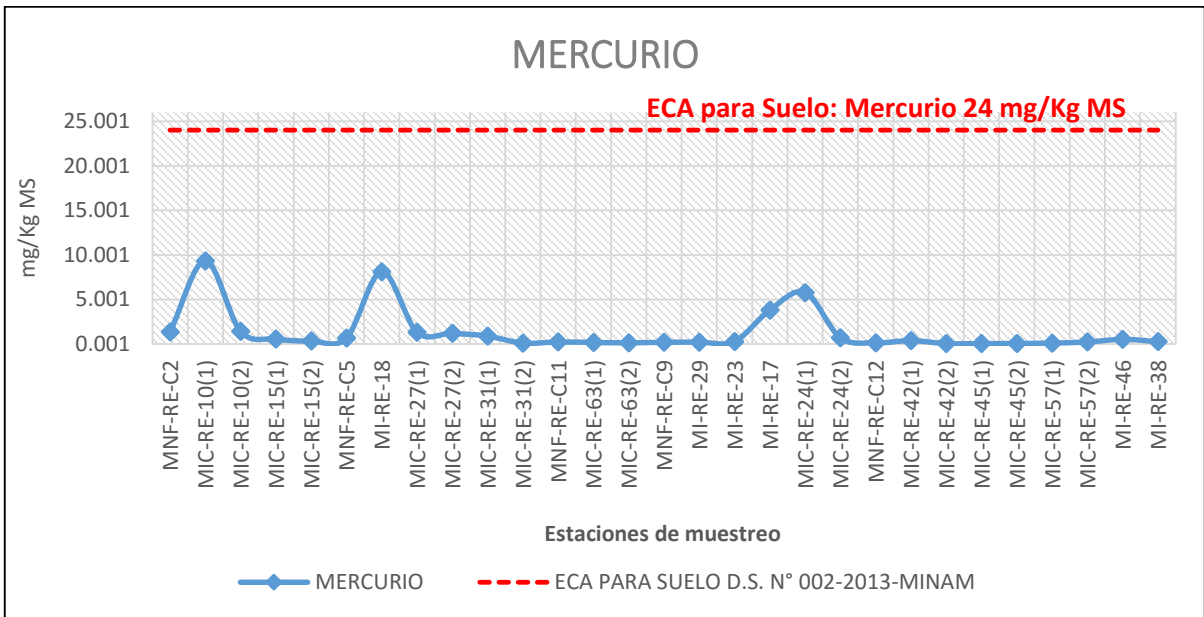
**Tabla 7 Muestras influenciadas por Mercurio**

N°	ESTACION DE MUESTREO	MERCURIO	ECA PARA MERCURIO (mg/Kg MS)	UNIDAD DE MEDIDA
1	MNF-RE-C2	1.38	24	mg/Kg MS
2	MIC-RE-10(1)	9.34	24	mg/Kg MS
3	MIC-RE-10(2)	1.44	24	mg/Kg MS
4	MIC-RE-15(1)	0.58	24	mg/Kg MS
5	MIC-RE-15(2)	0.36	24	mg/Kg MS
6	MNF-RE-C5	0.69	24	mg/Kg MS
7	MI-RE-18	8.12	24	mg/Kg MS
8	MIC-RE-27(1)	1.35	24	mg/Kg MS
9	MIC-RE-27(2)	1.22	24	mg/Kg MS
10	MIC-RE-31(1)	0.91	24	mg/Kg MS
11	MIC-RE-31(2)	0.13	24	mg/Kg MS
12	MNF-RE-C11	0.25	24	mg/Kg MS
13	MIC-RE-63(1)	0.2	24	mg/Kg MS
14	MIC-RE-63(2)	0.16	24	mg/Kg MS
15	MNF-RE-C9	0.22	24	mg/Kg MS
16	MI-RE-29	0.24	24	mg/Kg MS
17	MI-RE-23	0.31	24	mg/Kg MS
18	MI-RE-17	3.82	24	mg/Kg MS
19	MIC-RE-24(1)	5.8	24	mg/Kg MS
20	MIC-RE-24(2)	0.74	24	mg/Kg MS
21	MNF-RE-C12	0.16	24	mg/Kg MS
22	MIC-RE-42(1)	0.41	24	mg/Kg MS
23	MIC-RE-42(2)	0.07	24	mg/Kg MS
24	MIC-RE-45(1)	0.07	24	mg/Kg MS



N°	ESTACION DE MUESTREO	MERCURIO	ECA PARA MERCURIO (mg/Kg MS)	UNIDAD DE MEDIDA
25	MIC-RE-45(2)	0.09	24	mg/Kg MS
26	MIC-RE-57(1)	0.13	24	mg/Kg MS
27	MIC-RE-57(2)	0.25	24	mg/Kg MS
28	MI-RE-46	0.55	24	mg/Kg MS
29	MI-RE-38	0.29	24	mg/Kg MS

Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados obtenidos del laboratorio, 2016.



Fuente: Elaboración propio, 2016.

**Figura N° 7 Mercurio (Hg)**

**4.4.1.3 Plomo (Pb)**

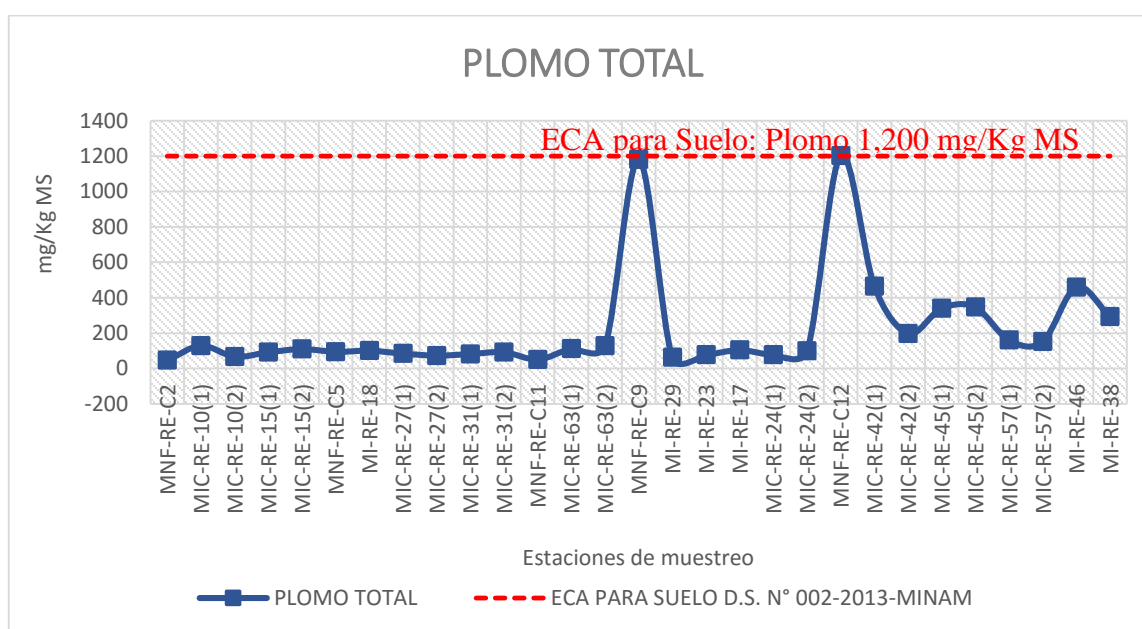
El Plomo es un metal pesado que puede encontrarse de forma natural en yacimientos minerales. Tal como se observa en la siguiente tabla, el nivel de fondo MNF-RE-C12 es la única estación de muestreo que sobrepasa el Estándar de Calidad Ambiental para suelo (1,200 mg/Kg MS). Asimismo en el gráfico 3, se observa que todas las muestras de suelo poseen concentraciones por debajo del ECA para suelo, a excepción de los niveles de fondo antes mencionados.

**Tabla 8 Plomo**

N°	ESTACION DE MUESTREO	PLOMO TOTAL	UNIDAD DE MEDIDA
1	MNF-RE-C2	46.65	mg/Kg MS
2	MIC-RE-10(1)	129.33	mg/Kg MS
3	MIC-RE-10(2)	67.27	mg/Kg MS
4	MIC-RE-15(1)	92.15	mg/Kg MS
5	MIC-RE-15(2)	110.26	mg/Kg MS
6	MNF-RE-C5	94.9	mg/Kg MS
7	MI-RE-18	100.89	mg/Kg MS
8	MIC-RE-27(1)	84.85	mg/Kg MS
9	MIC-RE-27(2)	73.22	mg/Kg MS
10	MIC-RE-31(1)	82.37	mg/Kg MS
11	MIC-RE-31(2)	92.55	mg/Kg MS
12	MNF-RE-C11	51.4	mg/Kg MS
13	MIC-RE-63(1)	112.59	mg/Kg MS
14	MIC-RE-63(2)	128.14	mg/Kg MS
15	MNF-RE-C9	1,181.88	mg/Kg MS
16	MI-RE-29	63.22	mg/Kg MS
17	MI-RE-23	77.6	mg/Kg MS
18	MI-RE-17	104.45	mg/Kg MS
19	MIC-RE-24(1)	78.04	mg/Kg MS
20	MIC-RE-24(2)	99.58	mg/Kg MS
21	MNF-RE-C12	1,203.09	mg/Kg MS
22	MIC-RE-42(1)	465.46	mg/Kg MS
23	MIC-RE-42(2)	198.22	mg/Kg MS
24	MIC-RE-45(1)	340.52	mg/Kg MS
25	MIC-RE-45(2)	346.92	mg/Kg MS

N°	ESTACION DE MUESTREO	PLOMO TOTAL	UNIDAD DE MEDIDA
26	MIC-RE-57(1)	160.47	mg/Kg MS
27	MIC-RE-57(2)	152.34	mg/Kg MS
28	MI-RE-46	460.63	mg/Kg MS
29	MI-RE-38	293.08	mg/Kg MS

Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados obtenidos del laboratorio, 2016.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

**Figura N° 8 Estaciones de muestreo con presencia de Plomo (Pb)**

#### 4.4.2 Muestras que sobrepasan el ECA para suelo

De igual manera, en el cuadro a continuación se presenta las fuentes que podrían estar influenciando las muestras de suelo indicadas en la Tabla 5.

**Cuadro 9 Posibles fuentes**

FUENTE	DETALLE	MUESTRA	NIVEL DE EVIDENCIA	
F0	Pasivos ambientales	Filtración de la Bocamina 5	MI-RE-12	
	1 correspondientes a Bocaminas	Filtración de la Bocamina 3	MIC-RE-13(2)	Posible
F0	Bocamina San Marcelo	Bocamina San Marcelo cerca de la zona donde se tomó las muestras	MI-RE-19	Posible
		Canal cerca de la zona donde se tomó la muestra	MIC-RE-25(1)	Posible
F0	2	Bocamina San Marcelo cerca de la zona donde se tomó las muestras	MIC-RE-25(2)	Posible
		Bocamina San Marcelo cerca de la zona donde se tomó las muestras	MIC-RE-26(1)	Posible
F0	3	Cerca de la Laguna Choquene	MIC-RE-38(1)	Posible
		Filtración de la Laguna Choquene cerca de la zona donde se tomó la muestra	MIC-RE-38(2)	Posible
F0	4	Cerca de la Relavera Antigua (A)	MIC-RE-39(1)	Posible
		Filtración de la Relavera Antigua A	MIC-RE-39(2)	Posible
F05	Laguna Choquene	Filtración de la Laguna Choquene (Tierra amarilla rojiza) cerca	MI-RE-40	Posible

FUENTE	DETALLE	MUESTRA	NIVEL DE EVIDENCIA
F06	(Pasivo Ambiental)	Filtración de la Laguna impactada por la relavera	MIC-RE-41(1) Probable
	(Pasivo Ambiental)	Desmante cerca de la zona donde se tomó la muestra	MIC-RE-41(2) Probable
		Zona de laboreo antiguo minero	MI-RE-34 Posible
		cerca de la zona donde se tomó la muestra	MI-RE-35 Posible
			MI-RE-39 Posible

Fuente: Elaboración propia, 2016.

#### **4.4.2.1 Fuente 01.**

Comprende los Pasivos ambientales conformados por la Chimenea 3, y Bocamina 3. Los cuales podrían influir en la presencia de Arsénico (As) y Mercurio (Hg) registrados en las estaciones de muestreo MI-RE-12 y MIC-RE-13(2).

#### **4.4.2.2 Fuente 02.**

Es la zona que se encuentra cerca de la Bocamina San Marcelo, mencionada en el Plan de Cierre de Pasivos ambientales presentado en el 2009.

La cual podría ser la causante de la presencia de Arsénico (As), Plomo (Pb) y Mercurio (Hg) identificados en las estaciones de muestreo MI-RE-19, MIC-RE-25(1) y (2), y MIC-RE-26(1) y (2).

#### **4.4.2.3 Fuente 03.**

La zona que se encuentra cerca al Pasivo ambiental relavera antigua se determinó como Fuente 03 (F03) ya que se encuentra emplazada cerca de las estaciones de muestreo MIC-RE-38(1) y (2), y MIC-RE-39(1) y (2) y esta podría influir en la presencia de Arsénico (As) en la zona muestreada.

#### **4.4.2.4 Fuente 04.**

Abarca la zona oeste del Pasivo ambiental Laguna Choquene pues se encuentra ubicada aguas abajo de la relavera antigua y podría ser la posible causante de la presencia de Arsénico en las muestras de suelo perteneciente a las estaciones MI-RE-40 y MIC-RE-41(1) y (2).

#### **4.4.2.5 Fuente 05.**

La zona que se encuentra cerca al campamento, cerca de antiguas labores mineras, debido a que se identificó la presencia de Arsénico (As) y Plomo (Pb) en las muestras de suelo pertenecientes a las estaciones MI-RE-34, MI-RE-35 y MI-RE-39 y se determinó como posible causante de los desvíos ambientales presentes en la zona donde se realizó el muestreo.

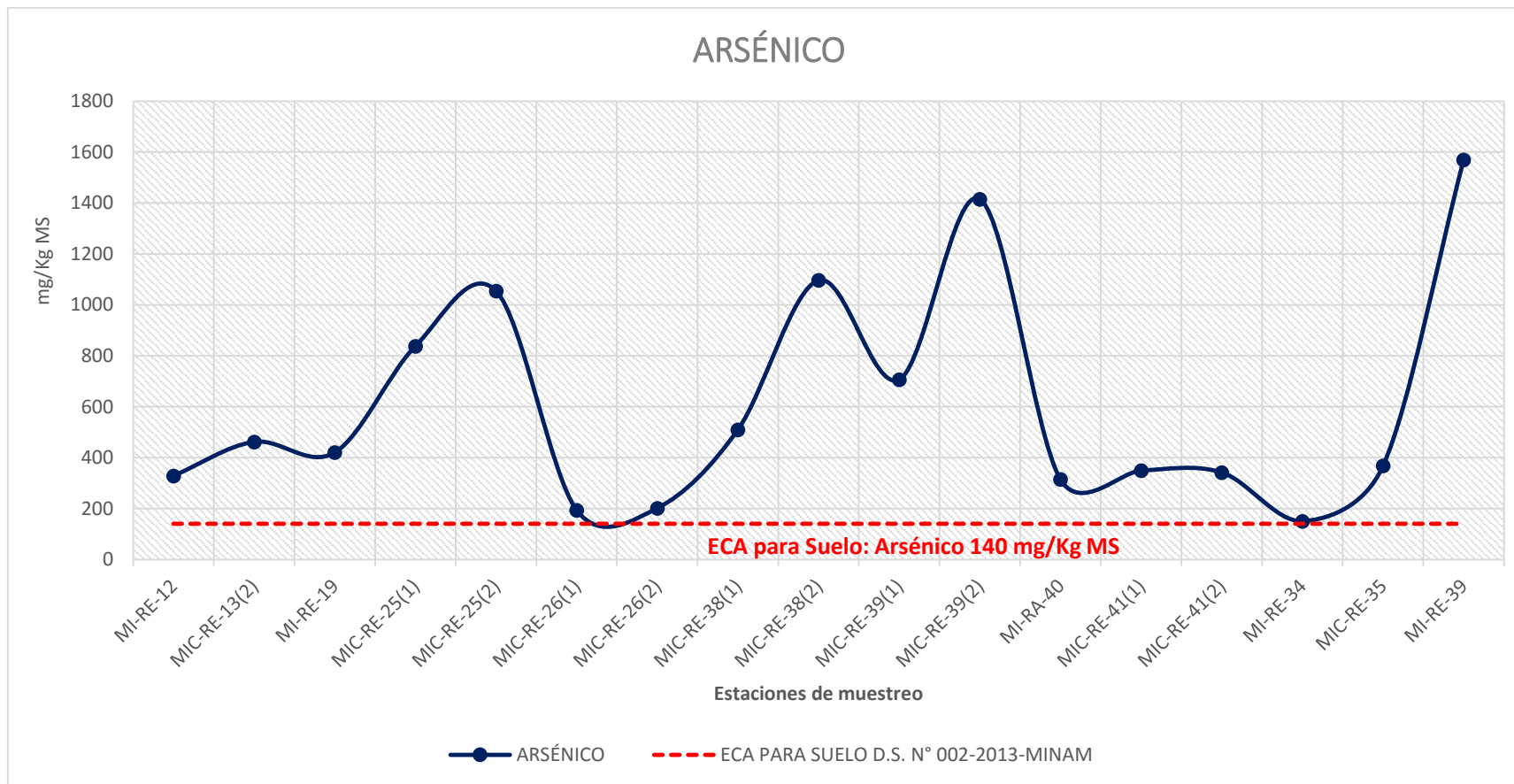
Cabe resaltar que los pasivos ambientales mencionados en el presente ítem fueron originados por el ex titular cuya razón social es Minera Regina S.A. Estos fueron originados producto del laboreo minero antiguo que data desde 1950.

#### **4.4.2.6 Arsénico.**

En el siguiente gráfico se presenta el comportamiento del arsénico en las estaciones de muestreo evaluadas. Observamos un máximo en la estación de muestreo MI-RE-39, con un valor

de 1,569.67 (mg/Kg MS), y un mínimo identificado en la estación MI-RE-34, con un valor de 150.07 (mg/Kg MS).





Fuente: Elaboración propia, 2016.

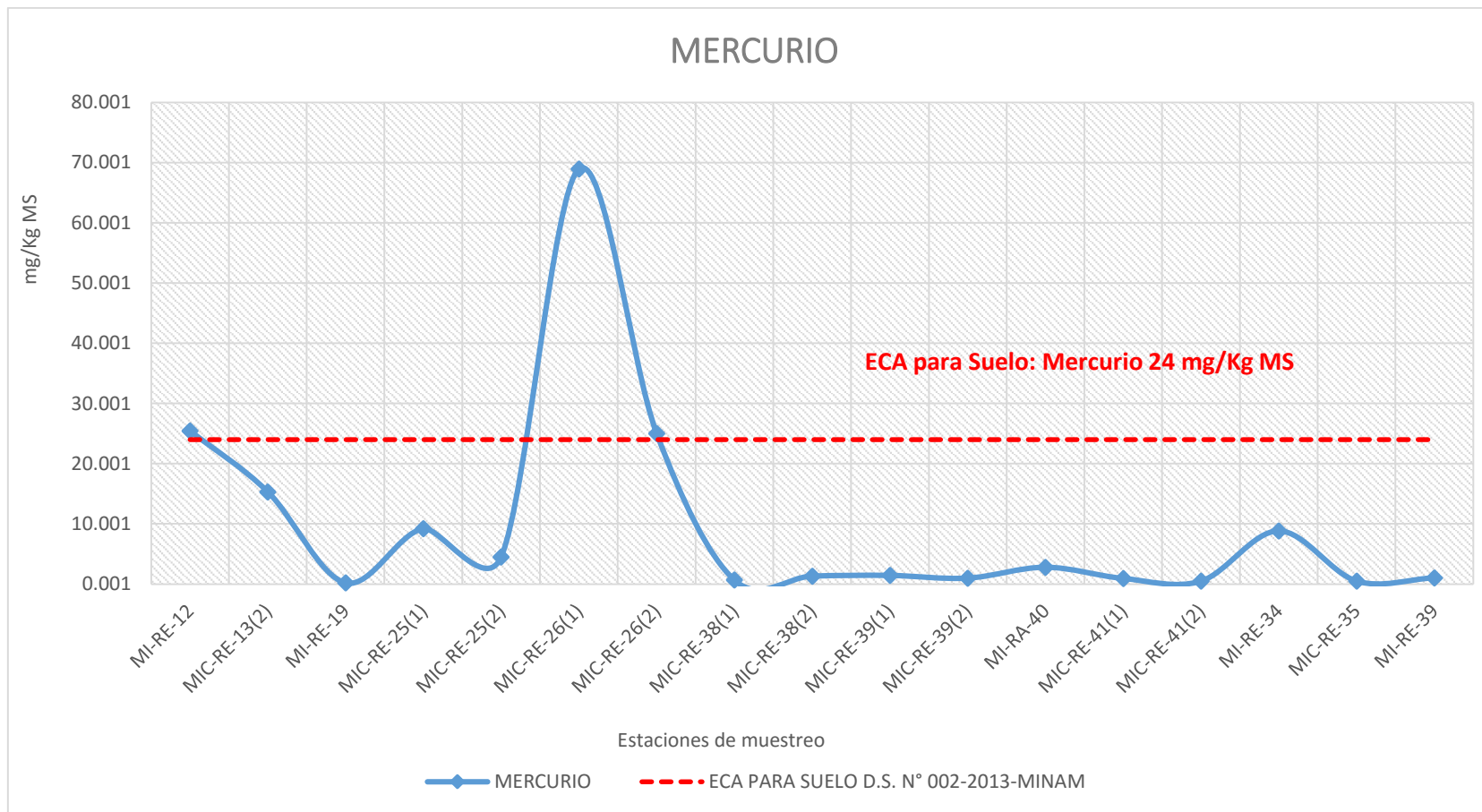
**Figura N° 9** Arsénico

#### **4.4.2.7 Mercurio.**

Asimismo, visualizamos la presencia de un desvío ambiental, presentado en la estación MIC-RE-26 (1), y MIC-RE-26 (2), con valores de 68.94 mg/Kg MS, y 25.03 mg/Kg MS respectivamente.

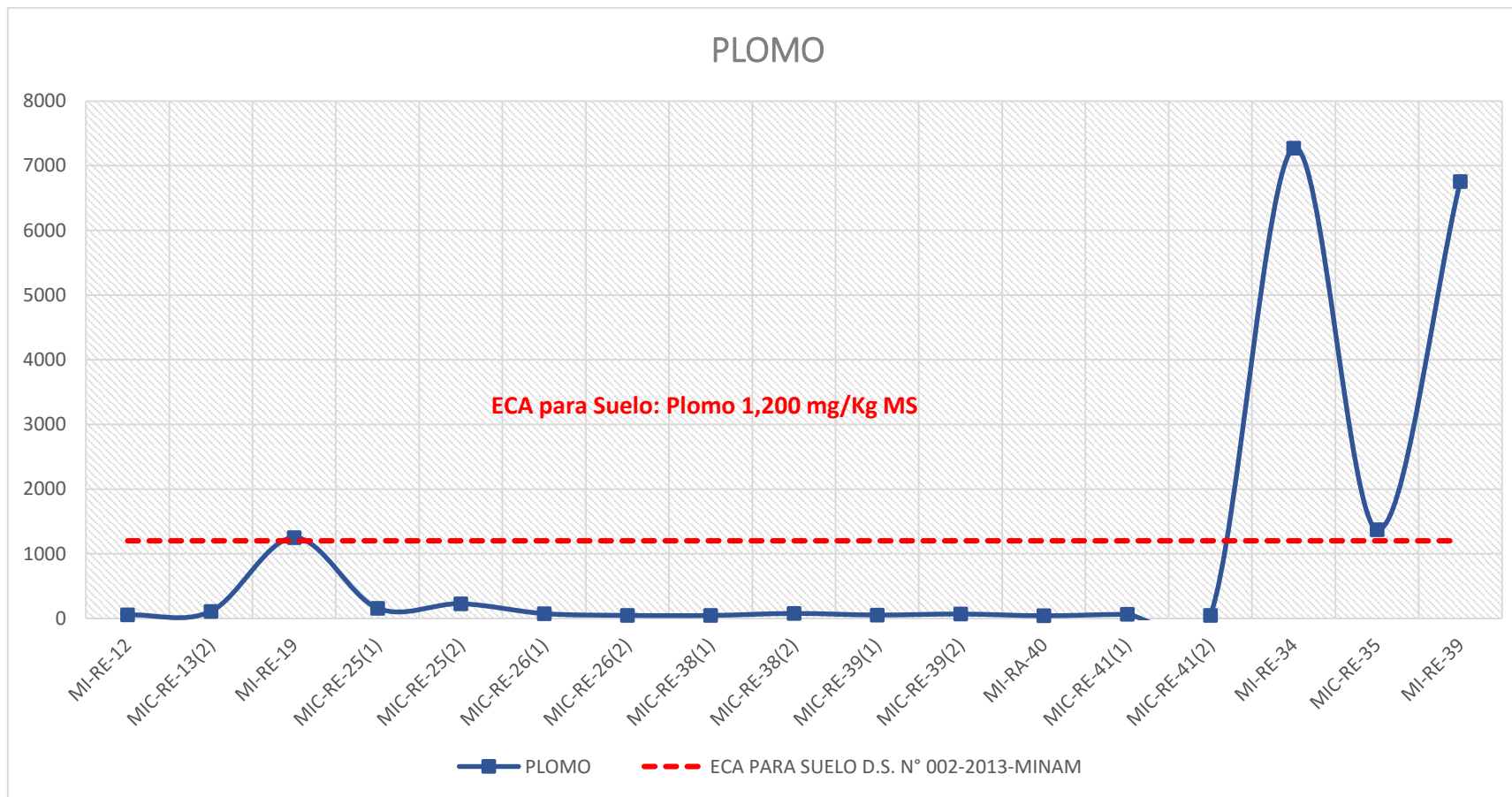
#### **4.4.2.8 Plomo**

La estación de muestreo MI-RE-34, presenta un máximo de 7,271.76 mg/Kg MS, a comparación con las otras estaciones de muestreo evaluadas. Y la estación de muestreo analizada que presente un mínimo es MIC- RE- 38 (1) con una valor de 47.68 mg/Kg MS. Esto podría deberse a la proximidad de la ubicación de dicha estación con la Laguna Choquene. (Ver Figura 10).



Fuente: Elaboración propia, 2016.

**Figura N° 10 Mercurio (Hg)**

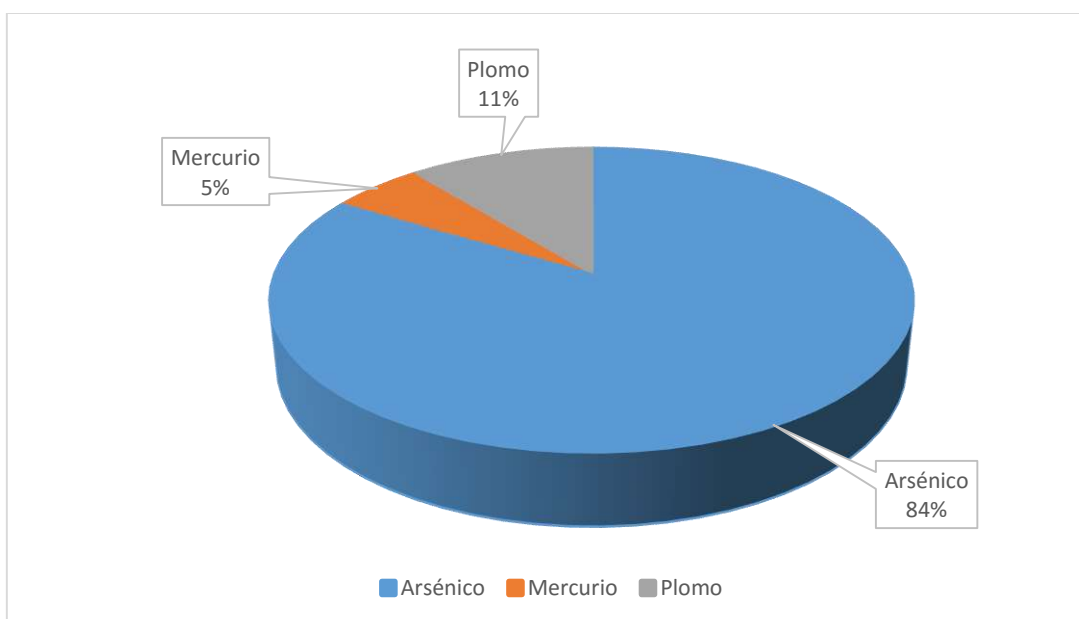


Fuente: Elaboración propia, 2016.

**Figura N° 11 Plomo (Pb)**

#### 4.5 Contrastación de hipótesis

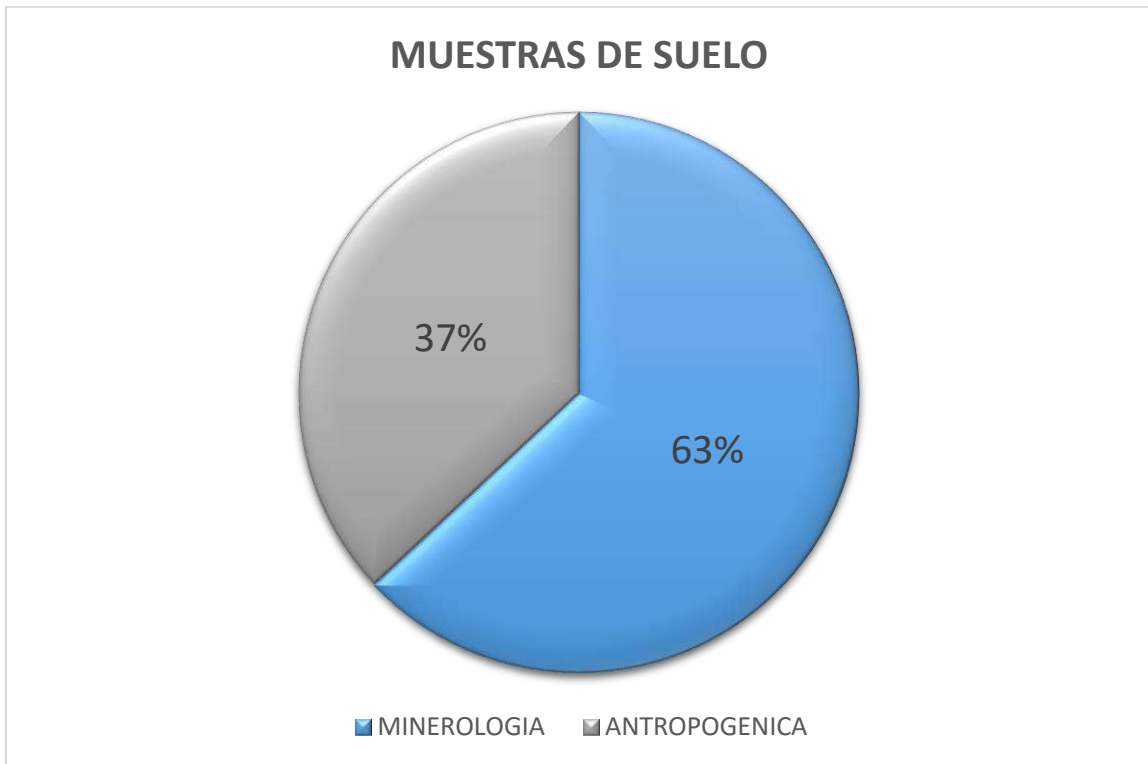
En la presente investigación se determinó que cuarenta y seis (46) muestras de suelo presentan concentración de Arsénico (As). Asimismo solo tres (03) muestras de suelo evidencian la presencia de Mercurio (Hg), y que solo seis (06) muestras de suelo contienen concentración de Plomo (Pb). Las muestras de suelo representan los siguientes porcentajes



Fuente: Elaboración propia, 2016.

#### **Figura N° 12 Porcentaje de muestras de suelo con concentración de metales**

Por otro lado, tal cual evidencia los resultados de las muestras analizadas, todas sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental, ya sea por influencia natural o por fuentes antropogénicas. Asimismo se observa que a causa de la mineralogía propia del lugar se presentan picos máximos de arsénico en estación MIC-RE-10(2) con un valor de 776.78 mg/Kg MS, y el nivel de fondo MNF-RE-C12, sobrepasa el valor establecido en el ECA para suelo, con una concentración de 1,203.09 mg/Kg MS.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

**Figura N° 13** Porcentaje de influencia

## **CAPÍTULO 5      Conclusiones**

- Del total de muestras colectadas y analizadas, se identificó que el 37% de muestras de suelo contienen concentraciones altas de Arsénico, Mercurio, y Plomo. Dichos valores superan el límite establecido en el Estándar de Calidad de Suelo, así como los niveles de concentración de metales obtenidos en las muestras de nivel de fondo, por tal podemos inferir que la presencia de los metales antes mencionados se debe a la influencia de pasivos ambientales originados por el ex titular del proyecto Regina, que data desde los años 1970.
- En base a la metodología de la Guía de Muestreo de suelo, aprobada por la R.M. N° 085-2014-MINAM, el 63% de las muestras analizadas que presentan concentración de metales se debería a la influencia mineralógica del área donde se emplaza el proyecto Regina. Esto se respalda por la geología del área, y por la presencia de los minerales explotados desde los años 70.
- Las muestras de suelo analizadas se caracteriza por presentar en su mayoría metales, tales como arsénico, mercurio y plomo. El grado de concentración de arsénico en las muestras de suelo es representado por un 84%, seguido por el plomo con un 11%, y por último tenemos al mercurio, el cual presenta un 5%.

## **CAPÍTULO 7      Recomendaciones**

Las estaciones que sobrepasan el ECA para suelo, y no se encuentran influenciadas de manera natural, deberán ser consideradas en el Plan de Descontaminación de Suelos, y posteriormente en su Plan de Cierre. Cabe indicar que el Plan de descontaminación será desarrollado en la tesis de post-grado.



## Bibliografía

Golder Associates (2012). Estudio Complementario de Suelos de la Unidad Minera San Rafael. Lima: Propio.

Grupo GyA S.A.C. (2007). Declaración Jurada del Proyecto de Exploración Categoría B Regina.

PERÚ. Ministerio del Ambiente. 2014. R.M. N° 085-2014-MINAM. Guía para la elaboración de los Planes de Descontaminación de Suelos. Marzo 2014. pág. 6.

PERÚ. Ministerio del Ambiente. 2013. D.S. N° 002-2013-MINAM. Estándar de Calidad Ambiental para Suelo. 2013. Pág. 3.

PERÚ. Ministerio de Energía y Minas. 2014. D.S. N° 040-2014-EM. Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero. Noviembre 2014. pág. 2.

PERÚ. Ministerio del Ambiente. 2014. R.M. N° 085-2014-MINAM. Guía para Muestreo de Suelos. Marzo 2014. pág. 3.

Schlumberger wáter services (2015). Plan de Cierre de Mina Regina.

## Linkografía

Almada. F., (2006). Contaminación de Suelos por Metales Pesados en Suelos provocado por la Industria Minera. Universidad Autónoma de Chihuahua. México. Recuperado <http://www.lamolina.edu.pe/ecolapl/Articulo20vol5.htm>

Definición ABC. 2016. Definición. Recuperado de <http://definicionabc.com>

Ecuador. Ecuador. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1884>

Enciclopedia. 2016. Enciclopedia Universal. Recuperado de <http://enciclopedia.us.es>

Gavilanes. R., & Calle. L. (2013). Determinación de Hidrocarburos aromáticos policíclicos en suelos contaminados por la industria petrolera. Universidad Central de Herrera, H. (2008). Etapas en la vida de un proyecto minero. Recuperado de [www.barric.chi](http://www.barric.chi).

Real Academia Española (2016). Diccionario RAE. Recuperado de <http://dle.rae.es/?id=KtnL1Ha>.

Solano. A., (2006). Movilización de Metales Pesados en Residuos y Suelos Industriales Afectados por la Hidrometalurgia del Zinc. Universidad de Murcia. España. Recuperado de <http://www.tdx.cat/handle/10803/11036>

Southern Perú. 2016. Glosario. Recuperado de [www.southernperu.com/ESP/opinte/Pages/PGGlosario.aspx](http://www.southernperu.com/ESP/opinte/Pages/PGGlosario.aspx)

# **ANEXOS**

**ANEXO 1-1**

**CERTIFICADO DE PRÁCTICAS  
PROFESIONALES**

## CERTIFICADO DE TRABAJO

EL GERENTE GENERAL DE LA EMPRESA CONSULTORA  
AMBIENTAL "RHIND GROUP S.A.C"

### CERTIFICA QUE:

La Srta. **MITZI PIERINA HIGINIO LUDEÑA**, identificado con DNI N°  
73090588, Bachiller en Ingeniería Ambiental, ha realizado prácticas  
profesionales, desde enero 2016 hasta la actualidad.

Durante el desempeño de sus funciones el mencionado profesional ha  
demostrado conocimiento, honradez y responsabilidad.

En tal sentido, se otorga el presente certificado a solicitud del interesado  
y para los fines que estime conveniente.

**San Isidro, 30 de noviembre del 2016**

Atentamente,

**RHIND GROUP S.A.C**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Stephanie Valle", is written over a white rectangular area.

Stephanie Valle  
Gerente General