



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"



ESCUELA DE POSGRADO

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al **BORRADOR DE TESIS** cuyo título es:

CARACTERIZACIÓN Y FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR MATERIAL PARTICULADO DE PROCESAMIENTO DE MINERALES EN POROMANASCA

Presentado por:

ALCAJER MIGUEL ALARCON ESPINOZA.

Del **DOCTORADO EN GESTION AMBIENTAL**

Que, se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Escuela de Posgrado de la UNICA, el informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 1%.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate. En Ica 22 de marzo de 2022

Atentamente

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
ESCUELA DE POSGRADO



DR. ROBERTO MASTAREDA TURQUE'S
COORDINADOR

CARACTERIZACIÓN Y FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR MATERIAL PARTICULADO DE PROCESAMIENTO DE MINERALES EN POROMA-NASCA

INFORME DE ORIGINALIDAD

1%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsaac.edu.pe Internet	47 palabras — < 1%
2	repositorio.unsa.edu.pe Internet	40 palabras — < 1%
3	www.redalyc.org Internet	37 palabras — < 1%
4	repository.javeriana.edu.co Internet	31 palabras — < 1%



ACTIVADO
ACTIVADO

DESACTIVADO

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN GESTIÓN AMBIENTAL



**“CARACTERIZACIÓN Y FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS
CONTAMINADOS POR MATERIAL PARTICULADO DE
PROCESAMIENTO DE MINERALES EN POROMA-NASCA”**

TESIS

**PARA OPTAR GRADO ACADÉMICO DE:
DOCTOR EN GESTIÓN AMBIENTAL**

PRESENTADO POR:

Mgter. ALARCON ESPINOZA ALCAJER MIGUEL

ICA-PERÚ

2019

LINEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL DE LA UNSLG

CIENCIAS NATURALES, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES

DEDICATORIA

A LOS SERES QUE COMPLETARON MI FELICIDAD: SAMIRA, MIGUEL ARCANGEL, MIGUEL ESTEBAN, ABIGAIL, ANGELIC Y MIGUEL ANGELO.

AGRADECIMIENTO

A MI ALMA MATER, UNIVERSIDAD NACIONAL
SAN LUIS GONZAGA Y A MIS MAESTROS, DE
QUIENES APRENDI SUS ENSEÑANZAS Y SUS
SABIOS CONSEJOS

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE	iii
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	ix
RIPRENDERE	xii
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPITULO I	
MARCO TEORICO	
1.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACION	1
1.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	1
1.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	4
1.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	4
1.2. BASES TEÓRICAS.....	4
1.3. MARCO CONCEPTUAL	6
1.4. MARCO LEGAL	16
1.4.1. D.S.N° 014-92-EM. “Texto Único Ordenado. Ley General de Minería”	16
1.4.2. D.S. N°016-93-EM “Reglamento para la Protección del Medio Ambiente en las Actividades Minero Metalúrgicas”	17
1.4.3. D.S.N° 013-2002-EM “Reglamento Ambiental para Pequeños Productores Mineros”.....	17
1.4.4. R.M. N° 315-96-EM/VMM “Establece Niveles Máximos Permisibles de - Emisión de Gases y Partículas para las actividades Minero Metalúrgicas”.....	18
1.4.5. LEY N° 28611 “Ley General del Ambiente”	18

1.5. MARCO FILOSÓFICO	18
-----------------------------	----

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	22
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
2.2.1. PROBLEMA GENERAL	23
2.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	23
2.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	23
2.3.1. JUSTIFICACIÓN.....	23
2.3.2. IMPORTANCIA.....	24
2.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
2.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	25
2.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
2.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
2.5.1. HIPÓTESIS GENERAL	25
2.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	26
2.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
2.6.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	26
2.6.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	26

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	36
3.1.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	36

CAPITULO IV

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	37
--	----

4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	37
4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	37
4.3. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	37
CAPITULO V	
CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS.....	38
CAPITULO VI	
PRESENTACION, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39
6.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	39
RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELO FITORREMEDiado	42
CONTROL DE CALIDAD	44
METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO	46
6.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	48
CONCLUSIONES.....	49
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	53
ANEXOS.....	54
ANEXO N.º 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	54

RESUMEN

Todo lo que existe en la naturaleza y puede ser sentido o apreciado es porque ha alcanzado el equilibrio, el suelo es la superficie de la corteza terrestre, generalmente recubierta de algún material para hacerla lisa y resistente; en esta parte de la corteza terrestre viven numerosos organismos y crece vegetación.

El suelo tiene vital importancia para el desarrollo de la vida, porque sirve de soporte a las plantas y proporciona los nutrientes necesarios para el desarrollo de estas.

El suelo se forma por la descomposición de rocas, por los cambios bruscos de temperatura, acción de la humedad, aire y seres vivos.

- La zona de estudio, pampas de Chauchilla (Poroma) , como cualquier suelo tubo una composición natural , posiblemente hasta los años 1990, a partir de esa fecha todo cambio; por el asentamiento de una serie de plantas de tratamiento de minerales mayoritariamente de flotación, pero también de lixiviación y de cianuración con diversas capacidades de procesamiento, por lo que el presente estudio: “CARACTERIZACIÓN Y FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR MATERIAL PARTICULADO DE PROCESAMIENTO DE MINERALES EN POROMA-NASCA” se plantea los siguientes problemas de investigación:

¿En qué medida la emisión de material particulado por las plantas de procesamiento de minerales ha afectado la composición natural de las tierras de la zona de Poroma – Nasca?

¿Es posible la remediación de estas tierras mediante la aplicación de fitorremediación?

¿Cuáles son los elementos que pueden haberse incrementado en la composición química de las tierras?

¿Qué tipo de plantas son las adecuadas para remediar estos suelos contaminados?

Para dar respuesta a estos problemas planteados nos hemos trazado como objetivos:

- La determinación del grado de contaminación y proponer la Fitorremediación de los suelos de la zona de Poroma contaminados por emisión de material particulado de procesamiento de minerales.
- Determinar en qué medida los componentes del material particulado emitido durante el procesamiento de minerales afectan el ecosistema, la agricultura y finalmente al habitante de la zona de Poroma.
- Identificar los indicadores de contaminación de estos suelos.
- Identificar las plantas adecuadas para la fitorremediación.

Para este estudio de investigación se plantean las siguientes hipótesis:

- El material particulado emitido en el procesamiento de minerales, contamina el suelo de la zona de Poroma.
- La fitorremediación es una alternativa viable para recuperar las tierras contaminadas de la zona de Poroma.
- La contaminación de suelos de Poroma por emisión de material particulado genera impacto negativo sobre la biodiversidad de la zona de influencia.
- La selección adecuada de plantas específicas posibilitara la remediación de estos suelos contaminados.

La investigación es de tipo Exploratoria, Descriptiva-Explicativa y diseño no experimental-evaluativa. Se toma como población objetivo a los suelos de los entornos de las plantas, tomándose muestras en barlovento y sotavento para su respectivo análisis y compararlos entre si con los LMP de la legislación peruana. Se concluye que efectivamente hay un incremento de metales como Cu, Pb, Fe y otros respecto a la composición primigenia y se propone como alternativa de remediación el sembrío de alfalfa, que demuestra la absorción de Cu fundamentalmente de acuerdo a los análisis efectuados.

Palabras claves: Contaminación, material particulado, fitorremediación, suelos, procesamiento, minerales.

ABSTRACT

Everything that exists in nature and can be felt or appreciated is because it has reached equilibrium, the soil is the surface of the earth's crust, generally covered with some material to make it smooth and resistant; numerous organisms live in this part of the earth's crust and vegetation grows.

The soil is vitally important for the development of life, because it supports plants and provides the necessary nutrients for their development.

The soil is formed by the decomposition of rocks, by sudden changes in temperature, action of humidity, air and living beings.

- The study area, Pampas de Chauchilla (Poroma), like any soil, had a natural composition, possibly until the 1990s, after that date all changes; due to the settlement of a series of mineral treatment plants, mainly flotation, but also leaching and cyanidation with various processing capacities, which is why the present study: "CHARACTERIZATION AND PHYTORE-MEDIATION OF SOILS CONTAMINATED BY PARTICULATE MINERAL PROCESSING MATERIAL IN POROMA-NASCA "the following research problems are posed:

To what extent has the emission of particulate matter by mineral processing plants affected the natural composition of the lands in the Poroma - Nasca area?

Is it possible to remediate these lands through the application of phytoremediation?

What are the elements that can increase the chemical composition of the earth?

What kinds of plants are suitable to remedy these contaminated soils?

To respond to these problems, we have set ourselves as objectives:

- Determining the degree of contamination and proposing the Phytoremediation of soils in the Poroma area contaminated by the emission of particulate material from mineral processing.
- Determine to what extent the components of the particulate material emitted during mineral processing affect the ecosystem, agriculture and finally the inhabitant of the Poroma area.
- Identify the indicators of contamination of these soils.
- Identify suitable plants for phytoremediation.

For this research study the following hypotheses are raised:

- The particulate material emitted in the mineral processing pollutes the soil of the Poroma area.
- Phytoremediation is a viable alternative to recover contaminated lands in the Poroma area.
- Pollution of the Poroma soils by emission of particulate matter generates a negative impact on the biodiversity of the area of influence.
- The proper selection of specific plants will enable the remediation of these contaminated soils.

The research is of an Exploratory, Descriptive-Explanatory type and a non-experimental-evaluative design. The soils of the plant environments are taken as the target population, taking samples in windward and leeward for their respective

analysis and comparing them with each other the LMP of the Peruvian legislation. It is concluded that there is indeed an increase in metals such as Cu, Pb, Fe and others with respect to the original composition and the seeding of alfalfa is proposed as a remediation alternative, which shows the absorption of Cu mainly according to the analyzes carried out.

Keywords: Pollution, particulate matter, phytoremediation, soils, processing, minerals.

RIPRENDERE

Tutto ciò che esiste in natura e si può sentire o apprezzare è perché ha raggiunto l'equilibrio, il suolo è la superficie della crosta terrestre, generalmente ricoperta da qualche materiale che lo renda liscio e resistente; Numerosi organismi vivono in questa parte della crosta terrestre e la vegetazione cresce.

Il suolo è di vitale importanza per lo sviluppo della vita, perché sostiene le piante e fornisce i nutrienti necessari per il loro sviluppo.

Il suolo è formato dalla decomposizione delle rocce, dagli sbalzi di temperatura, dall'azione dell'umidità, dell'aria e degli esseri viventi.

- L'area di studio, Pampas de Chauchilla (Poroma), come ogni terreno, aveva una composizione naturale, forse fino agli anni '90, dopo quella data tutto è cambiato; dall'insediamento di una serie di impianti di trattamento dei minerali, per lo più di flottazione, ma anche di lisciviazione e cianurazione con diverse capacità di lavorazione, per i quali il presente studio: "CARATTERIZZAZIONE E FITORISPARMIO DI SUOLI CONTAMINATI DA PARTICULATED MATERIAL DA MINERALE LAVORAZIONE EN POROMA-NASCA" pone il seguenti problemi di ricerca:

In che misura l'emissione di particolato dagli impianti di lavorazione dei minerali ha influito sulla composizione naturale dei terreni nell'area di Poroma-Nasca?

È possibile bonificare questi terreni attraverso l'applicazione del fitorisanamento?

Quali sono gli elementi che possono essere aumentati nella composizione chimica del suolo?

Che tipo di piante sono adatte a porre rimedio a questi terreni contaminati?

Per rispondere a questi problemi ci siamo posti i seguenti obiettivi:

- Determinazione del grado di contaminazione e proposta di Fitodepurazione dei suoli nell'area di Poroma contaminati dall'emissione di materiale particolato da lavorazioni minerarie.
- Determinare in che misura le componenti del particolato emesse durante la lavorazione dei minerali influiscono sull'ecosistema, sull'agricoltura e, infine, sull'abitante della zona di Poroma.
- Identificare gli indicatori di contaminazione di questi suoli.
- Individuare piante adatte per il fitodepurazione.

Per questo studio di ricerca si propongono le seguenti ipotesi:

- Il particolato emesso nella lavorazione dei minerali inquina il suolo nell'area di Poroma.
- Il fitodepurazione è una valida alternativa al recupero dei terreni contaminati nell'area di Poroma.
- La contaminazione dei suoli di Poroma dovuta all'emissione di particolato genera un impatto negativo sulla biodiversità dell'area di influenza.
- La corretta selezione di piante specifiche consentirà la bonifica di questi suoli contaminati.

La ricerca è di tipo Esplorativo, Descrittivo-Esplicativo e di disegno non sperimentale-valutativo. I suoli degli ambienti vegetali vengono presi come popolazione target, prelevando campioni sopravento e sottovento per le rispettive analisi e confrontandoli tra loro secondo il LMP della legislazione peruviana. Si conclude che c'è effettivamente un aumento di metalli come Cu, Pb, Fe e altri rispetto alla composizione originaria e si propone come alternativa correttiva la coltura di erba medica, che dimostra fondamentalmente l'assorbimento di Cu secondo le analisi effettuate.

DOCTORADO EN GESTIÓN AMBIENTAL

**CARACTERIZACIÓN Y FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS
CONTAMINADOS POR MATERIAL PARTICULADO DE
PROCESAMIENTO DE MINERALES EN POROMA-NASCA**

AUTOR: MAG. ALARCON ESPINOZA ALCAJER MIGUEL

ASESOR: Dr. DANTE FERMIN CALDERON HUAMANI

INTRODUCCIÓN

El presente estudio pretende determinar el grado de contaminación y proponer la fitorremediación de los suelos de las Pampas de Poroma y Chauchilla en Nasca; debido a que en este sector se han asentado más de 20 plantas de tratamiento de minerales con una capacidad promedio de 200 TMD/cada una.

La naturaleza de los trabajos y las condiciones en las que se realiza la remoción, chancado y clasificación de los minerales (zarandas vibratorias sin campanas extractoras o colectores de polvos, fajas transportadoras sin sistemas de encapsulamiento en la mayoría de casos, ubicación de las tolvas de grueso a la intemperie, deposición de los relaves a cielo abierto, etc.), aunado a los fuertes vientos (5.00 a 7.00 m/s) que corren en el lugar, hacen presumir que las tierras que se encuentran próximos a estas plantas están siendo contaminadas por material particulado; estos minerales que contienen componentes extraños a la composición primigenia de las tierras le darán otras características que pueden devenir en su esterilización o contaminación sobre todo con metales pesados. De lo que en principio eran solamente la empresa **“Concentradora San José”** propiedad del señor José Pantac y la planta de lixiviación **“Poroma”** propiedad del desaparecido Banco Minero; hoy en día existen las siguientes plantas de beneficio de minerales:

N°	NOMBRE	CAPACIDAD (TMS/DIA)	CONSUMO DE AGUA (M3)
1	Concentradora San José	50	100
2	Transformaciones de Cobre	50	100
3	Empresa Minera Santa Teresa	350	700
4	Empresa Minera Santa Elena	100	200
5	Empresa Minera E.M. POROMA SAC	400	800
6	Empresa Minera “Mercurio”	300	600
7	Empresa Minera Carolina del Sur	200	400
8	Empresa Minera Alonso S.A.C	100	200
9	Empresa Minera San Fernando	200	400

10	Empresa Minera Santa María	100	200
11	Empresa Minera Perú Metal	200	400
12	Empresa Minera Oasis	400	800
13	Empresa Minera Santa Ana	300	900
14	Minera Antares	100	300
15	Minera FECMA	240	720
16	Empresa Minera Jesús	300	900
17	Empresa Minera Jesús de Castro	200	600
18	Empresa Minera San Hilarión	200	600
19	Empresa Minera Najhas	80	240
20	Perugold	250	750

Elaboración propia

Todas estas plantas emiten material particulado al medio circundante, aparte de ello las relaveras están expuestas a la acción de los vientos y esto definitivamente genera la alteración del ecosistema de esta zona, lo que demuestra que estas empresas no han previsto sistemas de seguridad que eviten el arrastre de estas partículas, para determinar el grado de contaminación, el incremento en la concentración de elementos químicos y proponer sistemas de remediación de estos suelos, el presente estudio lo hemos dividido en los siguientes capítulos:

Capítulo I: En este capítulo se trata la importancia de conocer los antecedentes a nivel internacional, nacional y local, la revisión teórica en relación a la contaminación de suelos por material particulado y las consecuencias que este problema trae a futuro. De la misma manera, se presenta el marco conceptual, las bases legales, y el marco filosófico que sustentan esta investigación.

Capítulo II: Se plantea el problema de investigación, analizando la situación problemática de las condiciones en las que laboran las Plantas Procesadoras de Minerales en la zona de Poroma en Nasca, el objetivo general y los objetivos específicos, las hipótesis generales y específicas que serán evaluadas y las variables de investigación que permitirán demostrar si estos suelos están siendo contaminados.

Capítulo III: Señala la metodología de investigación utilizada en el desarrollo del presente trabajo, que se enmarca como una investigación de tipo descriptivo, nivel correlacional y diseño no experimental transeccional descriptivo. Se ha identificado como población de investigación a las áreas de terrenos que son aledaños a las diversas plantas de tratamiento y se han tomado muestras tanto en barlovento como en sotavento, además de lotes que se encuentran en la zona de influencia que han sido sembrados con alfalfa.

Capítulo IV: Se indican las técnicas de investigación: documental, de campo y los análisis de las muestras que fueron enviadas a un laboratorio certificado (CERTIMIN) y los resultados mediante técnicas de análisis ICP – OES por 36 elementos tal como se muestran en los cuadros.

Capítulo V: Se presenta la parte de contrastación de la hipótesis general y específica, los mismos que por la naturaleza de la investigación no son necesarios contrastarlos pues en ningún momento durante la investigación han sido manipulados las variables.

Capítulo VI: Se muestra el análisis e interpretación detallado de los resultados de cada una de los análisis y la discusión de resultados.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se ha arribado en el tema de investigación.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACION

Se han efectuado diversos trabajos sobre contaminación de suelos; algunas que pueden ser mencionados son los siguientes:

1.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Bayon Sanz, S. (2015) “Aplicación de la Fitorremediación a suelos contaminados por metales pesados” España. Siendo el objetivo de la investigación, saber qué tipos de técnicas de fitorremediación son aplicables a la eliminación de metales pesados que pueden contaminar el suelo, relacionados en la bibliografía científica, sus características y limitaciones. - Conocer la relación con la biodisponibilidad de metales pesados del suelo., asimismo revisar los mecanismos de absorción, translocación y tolerancia de dichos metales en las plantas. La investigación es de tipo descriptivo – explicativo y de nivel no experimental, el método utilizado por la autora es de revisión bibliográfica, manifiesta su preocupación por la contaminación incesante de los suelos y pone como alternativa la Fitorremediación; Al ser una técnica novedosa, el número de artículos que relaciona las técnicas de fitorremediación con metales pesados es reducido. Además, dado su carácter experimental, su aplicación presenta grandes limitaciones que la convierten en un proceso lento y difícil de llevar a la práctica al ser poco competitivas con otras técnicas de remediación habitualmente empleadas. En la mayoría de los casos, las investigaciones se centran en los mecanismos

fisiológicos de acumulación de metales pesados en plantas, obteniendo importantes progresos. Las últimas tendencias apuntan a la comprensión de los mecanismos moleculares relacionados con la eliminación de metales pesados. Este trabajo tiene una finalidad docente. La Facultad de Farmacia no se hace responsable de la información contenida en el mismo. El estudio de los mecanismos de absorción, traslocación y tolerancia de las plantas se centra, en gran medida, en los procesos de identificación, aislamiento y caracterización de las biomoléculas que intervienen en dichos procesos. Para asegurar el éxito de la fitorremediación como una técnica viable de limpieza de metales pesados en el suelo, no deben dejarse de lado los estudios de campo con los que deberían validarse los resultados obtenidos en el laboratorio.

Caceres Lillo D.D. (2015) “Evaluación de los efectos agudos en la función pulmonar por exposición a material particulado fino (PM_{2.5}) en niños que viven próximos a una playa masivamente contaminada con relaves mineros, Chañaral.,Chile” (Chile) el objetivo de la investigación es evaluar la asociación entre la exposición a material particulado fino y su efecto agudo sobre la función respiratoria, de escolares de la ciudad de Chañaral y caracterizar simultáneamente la composición metálica y másica del PM_{2.5} en microambientes interiores y exteriores de jardines infantiles y escuelas básicas de la ciudad en el periodo de invierno, primavera y verano, el estudio es de diseño longitudinal tipo panel, de nivel prospectivo, el método utilizado es un estudio de tipo panel, el autor realiza un diagnóstico de la

situación problemática y describe las variables y define los indicadores que relación las variables, el investigador concluye que se determinó que la función respiratoria en términos de variación de la capacidad vital forzada (CVF) de los escolares residentes se ve afectada negativamente por aumentos en los niveles de MP, en especial el MP_{2.5}.

Cordeno Casallas J.K. (2015) “Fitorremediación In Situ para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados (Plomo y Cadmio) y evaluación de selenio en la finca Furatena alta en el municipio de Utica” Colombia, En esta investigación la intención del investigador es la de evaluar la Fitorremediación in situ como estrategia en la recuperación de suelos contaminados por los elementos selenio y también otros metales pesados específicamente en la finca Furatena alta en el municipio de Utica Condinamarca. La investigación es del tipo Experimental pues selecciona tres lotes a diferentes distancias de una quebrada Agua Puerca, en donde se determinó concentraciones de plomo, cadmio, cromo, mercurio y selenio, siendo el nivel de la investigación el experimental pues se desarrolla la siembra de dos especies gramíneas como *Brachiaria Decumbens*, *Momvasa* para la recuperación de los suelos contaminados; concluyendo que de acuerdo a los tres tratamientos aplicados es más eficiente el realizado con la combinación de semillas ya que fue la que más concentración de metales absorbió aunque estas no deben considerarse hiperacumuladoras, si es una buena alternativa para la reducción de metales pesados.

1.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Chavez Rodriguez, L. (2014) “Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por Plomo”. Perú.

La autora de la presente tesis tiene como objetivo seleccionar especies vegetales nativas de la zona de la Oroya y lago Junín, con la finalidad de determinar el grado de absorción que tienen sobre los metales pesados contenidos en los suelos; la investigación es del tipo descriptivo-explicativo y de nivel experimental, el método que utiliza la autora es también el experimental para determinar la eficacia de cada una de las especies; finalmente la autora concluye; que para las condiciones del presente estudio, la Nicotiana tiene un mejor potencial de uso para fines de fitorremediación, corroborando la hipótesis de que las plantas nativas son las más adecuadas para fitorremediar sus propios espacios naturales.

1.1.3. Antecedentes Locales

Ninguno

1.2. BASES TEÓRICAS

La minería es una de las actividades económicas más importantes de nuestro país, el 2016 apporto el 15% del PBI y 65% de las exportaciones; pero esta actividad sin un adecuado control y cumplimiento de las normas establecidas puede generar serios problemas de contaminación.

En el Perú la normativa ambiental relacionado con la actividad minera y otros es la Ley General del Ambiente N° 28611 y el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para suelos, aprobado por D.S. N° 002-2013-MINAM, donde se establecen los LMP tanto en materiales orgánicos como inorgánicos.

El problema radica en el hecho de que una vez contaminado el suelo se hace necesaria la remediación y una de las alternativas más viables en la actualidad es la fitorremediación, que será posible; mediante un adecuado estudio de las sustancias contaminantes y la identificación de plantas que sean hiperacumuladoras de las sustancias o elementos nocivos.

Inicialmente esta técnica de remediar suelos contaminados fue aplicada a suelos que habían sufrido contaminación por derrames de crudo de petróleo, pero investigaciones posteriores demuestran que es posible aplicarla en todos los ámbitos donde se haya producido contaminación por actividades del hombre.

- **R. Jiménez Vallesta, 2017**

Este recopilador científico manifiesta que, aunque generalmente se concibe que el suelo tiene, (entre otras cosas), la función vital de sustentar la vida en la tierra, o de servir de filtro y almacén de sustancias potencialmente nocivas, es el gran desconocido. La contaminación del suelo, entendida como la incorporación de sustancias dañinas o tóxicas que pueden afectar adversamente su calidad (y la salud de los organismos que viven en él), representa una grave amenaza para el suelo y un reto medioambiental.

- **B. Domínguez, 2008**

La preocupación por la contaminación del suelo proviene principalmente de los riesgos para la salud, tanto del contacto directo como de la contaminación secundaria de los suministros de agua. El mapeo de sitios de suelos contaminados y la limpieza resultante son tareas costosas y que consumen mucho tiempo, y que requieren grandes cantidades de geología, hidrología, química y habilidades de modelado computarizado.

- **Kabata, 2007**

La comprensión de los principios y fenómenos fundamentales que controlan el tráfico de oligoelementos en la cadena suelo-planta-humano puede contribuir a la protección del medio ambiente y la salud humana.

- **Singh, 2004**

Las capacidades metabólicas diversas de los microorganismos y sus interacciones con compuestos orgánicos e inorgánicos peligrosos se conocen desde hace tiempo. Los procesos microbianos son compatibles con el medio ambiente y se pueden integrar con procesos no biológicos para desintoxicar, degradar e inmovilizar contaminantes ambientales. La biorremediación, la aplicación de métodos biológicos, se ha utilizado con éxito para la remediación del suelo.

- **T.Volke, 2001**

Antes de considerar el uso de una tecnología de remediación para un sitio en particular, es dispensable contar con información del sitio y llevar a cabo su caracterización, así como la del contaminante a tratar. Posteriormente la tecnología puede elegirse con base a sus costos y a la disponibilidad de materiales y equipo para realizar el tratamiento.

1.3. MARCO CONCEPTUAL

1.3.1. CONTAMINACIÓN DE SUELOS:

El suelo es aquella parte de la geosfera que se forma por la interacción de los sistemas atmosfera, hidrosfera y biosfera sobre precisamente sobre la superficie de la geosfera y todos los demás sistemas, en la llamada zona crítica (National Research Council, 2001; Brantley et,al 2007), la parte más dinámica de la superficie de

la tierra. La meteorización química y mecánica de las rocas y la influencia de ciertos procesos microbiológicos producen el suelo. Esta meteorización está controlada esencialmente por la energía solar, que regula el ciclo del agua y alimenta los sistemas vivos, y por circunstancias locales favorables como la topografía y propiedades intrínsecas de las rocas como la permeabilidad, alterabilidad. Después de un largo periodo de meteorización, y bajo condiciones climáticas estables, el suelo puede alcanzar su equilibrio. Pero cuando uno de los parámetros del sistema varía, el equilibrio se rompe.

La interacción con el hombre, un componente singular de la biosfera, puede romper también el equilibrio, debido a su uso en lo que es la agricultura, industria, minería, ganadería y otras actividades. Este tipo de modificación negativa del suelo se denomina normalmente degradación.

La presencia en los suelos de concentraciones nocivas de algunos elementos químicos y compuestos que son contaminantes es un tipo especial de degradación que se denomina contaminación. Estos contaminantes se encuentran siempre en concentraciones mayores de las habituales y en general tiene un efecto adverso sobre algunos organismos.

1.3.2. CONTAMINACIÓN DE SUELOS POR ELEMENTOS TRAZA:

Los contaminantes en suelos y sedimentos se pueden hallar en seis formas diferentes (Rulkens et al., 1995: como partículas (contaminantes particulados), como películas líquidas, adsorbidos,

absorbidos, disueltos en el agua intersticial de los poros, o como fases solidas en los poros (fig 4).

Estos contaminantes pueden abandonar un suelo por volatilización, disolución lixiviado o erosión, y pasar a los organismos cuando pueden ser asimilables (bioasimilables), lo que normalmente ocurre cuando se encuentran en forma más o menos soluble. En concreto, la posibilidad de que un elemento contaminante o no quede libre y pase a disolución en un suelo se llama disponibilidad.

La biodisponibilidad sería el grado de libertad en que se encuentra un elemento o compuesto de una fuente potencial para ser capturado por un organismo ingeridos o adsorbidos. (Newman & Jagoe, 1984) Normalmente solo una fracción pequeña de una sustancia potencialmente contaminante de un medio es biodisponible. Su efecto suele ser indiferente para un organismo específico.

1.3.3. PODER DEPURADOR DEL SUELO:

Una de las principales funciones del suelo es que actúa como una barrera protectora de otros medios más sensibles hidrológicos y biológicos, filtrándolos, descomponiéndolos, neutralizándolos o almacenándolos y evitando en gran parte su biodisponibilidad. Este poder depurador depende de los contenidos en materia orgánica, tales como carbonatos, y oxihidroxidos de hierro y manganeso, de la proporción y tipo de minerales de arcilla, de la capacidad de cambio catiónico del suelo, del pH y Eh., textura, permeabilidad y actividad microbiana. Por tanto, para cada situación, el poder depurador de un suelo tiene un límite. Cuando se superan esos límites para una o

varias sustancias, el suelo funciona como contaminado y es una fuente de contaminación.

La cantidad máxima admisible de un contaminante, a partir de las que el contaminante esta biodisponible en cantidades que pueden ser toxicas, se llama carga crítica y marca el umbral de toxicidad. La LCASHM puede tener valores como: Cd: 23-87 g/Ha/a, Pb: 6750-10125 g/Ha/a o As:450-675 g/Ha/a.

1.3.4. ORIGEN DE LOS ELEMENTOS TRAZA EN SUELOS:

Estos elementos pueden ser geogénicos o antropogénicos. Los primeros dependen en gran medida de lo que se ha llamado geo disponibilidad. La geo disponibilidad de un elemento o compuesto químico de un material terrestre es aquella porción de su contenido total que puede liberarse a la superficie o cerca de la superficie o biosfera, por procesos mecánicos, químicos o biológicos (Plumiee, 1994)

1.3.5. PROCEDIMIENTO PARA VALORAR LA CONTAMINACIÓN DE SUELOS:

La peligrosidad (movilidad, disponibilidad) de un contaminante se determina por distintos procedimientos químicos y mineralógicos. Para verificar si un elemento o compuesto está en una fase soluble en agua, que es cuando con mayor facilidad podrá transferirse a una planta u organismo vivo, la primera valoración de la movilidad se debe hacer determinando qué fracción del mismo se encuentra soluble en agua (extracción con agua). A veces también puede hacerse esta extracción en agua ligeramente ácida. Otra medida de la posible

transferencia de metales (especialmente de cationes divalentes) a una planta viene dada por la extracción que se obtiene tratando el suelo con DTPA, o con EDTA (0,05M a pH 7,0) (Quevauviller et al. 1998). Existe un cierto acuerdo de que esta medida se aproxima bastante a la cantidad que en general las plantas pueden absorber de un suelo en condiciones normales (Ure et al. 1995).

1.3.6. MATERIAL PARTICULADO:

La contaminación por material particulado se define como la alteración de la composición natural del ambiente como consecuencia de la entrada o emisión en suspensión de partículas, ya sea por causas naturales o por acción del hombre.

Las partículas con frecuencia son clasificadas como primarias (que son emitidas directamente al ambiente) o secundarias (se forman o modifican en el ambiente) esto ocurre por una serie de fenómenos tales como condensación, crecimiento, cambio químico en los gases etc., y se emplean diversos términos para clasificar las partículas arrastradas por el viento como: aerosol, polvo, partícula, ceniza fina, niebla, vapores, humo y hollín. El material particulado secundario tiende a ser más fino en tamaño y se forma en la atmosfera a través de conversión física y química de precursores gaseosos como son los óxidos que pueden ser de nitrógeno, azufre, y compuestos orgánicos volátiles (EPA 2002).

El material particulado es uno de los contaminantes atmosféricos más estudiados en el mundo, este se define como el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en

suspensión en la atmosfera, que se originan a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas y poseen un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas (Meszaros, 1999).

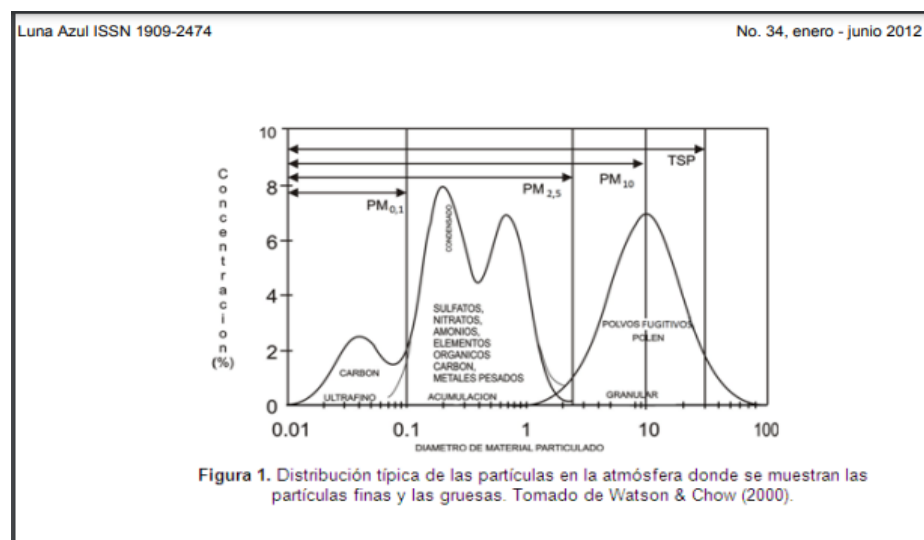
La presencia de este contaminante en la atmosfera ocasiona variedad de impactos a la vegetación, materiales y el hombre, entre ellos, la disminución visual en la atmosfera, causada por la absorción y dispersión de la luz (Chen, Ying & Kleeman, 2009).

La presencia del material particulado está asociada con el incremento del riesgo de muerte por causas cardiopulmonares en muestras de adultos (Pope, 2004).

El material particulado (MP) es un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, tales como el hollín de diésel, polvo de vías, el polvo de la agricultura y las partículas resultantes de proceso productivos (Fang et.al., 2003).

Estas partículas en suspensión (MP) son una compleja mezcla de productos químicos y/o elementos biológicos, como metales, sales, materiales carbonosos, orgánicos volátiles, compuestos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y endotoxinas que pueden interactuar entre si formando otros compuestos. (Billet et al, 2007).

Debido a que son de tamaño, forma y composición variada, para su identificación se han clasificado en términos de su diámetro aerodinámico que corresponde al diámetro de una esfera uniforme en unidad de densidad que alcanza la misma velocidad terminal de asentamiento que la partícula de interés y que está determinado por la forma y densidad de la partícula. De acuerdo a esto, pueden ser clasificadas como finas y gruesas (Garcia, 2002; Bell et al., 2004). Tal como se presenta en la **figura 1**.



El medio ambiente humano está conformado por dos tipos de factores, unos naturales y otros artificiales o sociales, estos últimos aportados por el trabajo del hombre, esta concepción nos permite comprender con facilidad que cualquier proyecto de ingeniería, en la pequeña, mediana o gran minería generara repercusiones o impactos ambientales de dos órdenes: positivos y negativos.

Por consiguiente, la actividad minero-metalúrgica siendo pieza fundamental en la economía de nuestro país, por ser un gran generador de divisas, como por su contribución al desarrollo industrial; también sin embargo, es responsable en gran medida del

deterioro del medio ambiente, en las diversas etapas de su desarrollo, la extracción de la riqueza minera y su tratamiento de concentración, tostación, fundición, electro obtención o refinación son procesos capaces de alterar en menor o mayor grado las condiciones del ambiente, modificando la morfología del terreno, cubriendo extensas áreas de tierras, alterando las características físicas y químicas de los ríos, lagunas y mar, variando la situación de los suelos y afectando el rendimiento de los cultivos menos resistentes, etc¹ (Walqui Fernández, Henry. “La Industria Minera y el medio ambiente”

La única manera de reforzar las consecuencias positivas y atenuar al máximo las negativas es a través de la planificación que debe ser incorporada desde el momento mismo que nace la idea del futuro proyecto y en el diseño de este, tanto para la etapa de construcción, como para la etapa de operaciones. Tal incorporación ambiental para ser eficaz tiene que ser plena, central y efectiva y no meramente referencial o marginal, integrando desde el inicio a los representantes gubernamentales, para no alterar o alterar lo menos posible los ecosistemas locales, organizar los servicios auxiliares de acuerdo a la cultura local y la estructura social, prever las obras de rehabilitación por la explotación minera, las áreas de instalación de equipos y maquinarias en plantas de tratamiento, estudio de las condiciones meteorológicas, etc. En resumen, hablamos de atenuar al máximo los efectos desfavorables y no simplemente de eliminar; porque de acuerdo a la experiencia acumulada, la minería en general y en

particular la gran minería es imposible que no vaya acompañada de ciertos desequilibrios ambientales y sociales.

Fitorremediación. Está definida como un conjunto de métodos para degradar, asimilar, metabolizar o detoxificar metales pesados, compuestos orgánicos, radioactivos, y Petro derivados por medio del uso de plantas con capacidad fisiológica y bioquímica para absorber, retener, degradar o transformar dichas sustancias a formas menos tóxicas. (Serrano, 2006, p.30)

la utilización de plantas para la descontaminación de los suelos se denomina generalmente Fitorremediación, siendo esta una técnica que usa plantas acumuladoras o hiperacumuladoras para extraer e inmovilizar los contaminantes del suelo y las aguas (Becerril, et al, 2002, p.3)

Las plantas poseen una habilidad notable para extraer y concentrar contaminantes a partir del aire a través de estomas, del agua y suelo por medio de su rizosfera; también cuentan con mecanismos en su metabolismo de sistemas de transporte de metales. Estas plantas se caracterizan además por tener respuestas enzimáticas para frenar el estrés oxidativo provocado por el incremento en la concentración celular de metales tóxicos (Malikova, 2008, p46). Por otro lado, dada la particularidad de que las plantas carecen de la habilidad de desplazarse, estas han creado sistemas bioquímicos únicos para la adquisición de sustrato, control y detoxificación en la rizosfera. (Jagdeesan y otros, 2006, p.45). Como resultado de estas ventajas surge el interés de usar a las plantas como medio para enfrentar la

contaminación ambiental y recuperar sitios contaminados. Por tal razón al Fitorremediación se considera ahora una tecnología prometedora, de bajo costo y amigable con el ambiente, con la cual, de manera integral, se podrán recuperar distintos sitios contaminados. (Moreno, 2008, p.62).

Poroma. - Es una parte constituyente de los Valles Las Trancas ubicado entre los paralelos $13^{\circ}44'$ y $15^{\circ}44'$ de latitud sur y los meridianos $74^{\circ}22'$ y $75^{\circ}44'$ de longitud oeste de Greenwich.





Vista satelital.

1.4. MARCO LEGAL

Los aspectos legales en que se encuentra enmarcada el presente estudio de investigación son las siguientes:

1.4.1. D.S.N° 014-92-EM. “Texto Único Ordenado. Ley General de Minería”

En cuyo artículo 221° establece que todo proyecto minero para su ubicación, diseño y funcionamiento requiere de la aprobación de la autoridad competente (MEM) y su aprobación está supeditada a especificaciones y obligaciones inherentes a la defensa del medio ambiente y de los recursos naturales. El artículo 223° contiene disposiciones para la explotación de los recursos minerales estableciendo que las aguas utilizadas en el procedimiento y la descarga de minerales deben ser, en lo posible reutilizadas.

1.4.2. D.S. N°016-93-EM “Reglamento para la Protección del Medio Ambiente en las Actividades Minero Metalúrgicas”.

Promulgada el 28 de abril de 1993, modificada por el D.S. N° 059-93-EM. Este reglamento constituye la norma principal que regula los aspectos ambientales de las actividades minero-metalúrgicas. Establece la obligación de presentar un EIA para los proyectos de explotación y plantas de beneficio, así como las ampliaciones mayores al 50% de capacidad instalada.

1.4.3. D.S.N° 013-2002-EM “Reglamento Ambiental para Pequeños Productores Mineros”.

Regula los requisitos, límites y procedimientos para acreditar y renovar la acreditación de la condición de Pequeño Productor Minero y Productor Minero Artesanal y las causales de pérdida de tal condición; norma la conformación y contenido de los registros administrativos de Pequeños Productores Mineros y de Productores Mineros Artesanales; regula los acuerdos o contratos de explotación y derecho de preferencia para la formulación de petitorios mineros; regula las medidas excepcionales sobre medio ambiente; establece las medidas de apoyo especial a la Minería Artesanal; y señala los procedimientos de fiscalización de las actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal.

Asimismo, señala que los PPM y PMA pueden presentar dos tipos de estudios de evaluación de impacto ambiental: CATEGORIA I.- Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y CATEGORIA II.- Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA_{sd}); la categoría varía

dependiendo del grado de magnitud de impacto ambiental que podría generar el proyecto, así como de la magnitud de operación traducida en TMD.

1.4.4. R.M. N° 315-96-EM/VMM “Establece Niveles Máximos Permisibles de Emisión de Gases y Partículas para las actividades Minero Metalúrgicas”.

Se obliga a que los nuevos proyectos mineros cumplan con los niveles máximos permisibles de emisión establecidos por el Ministerio de Energía y Minas. Estos estándares son aprobados a través de NMP para el Anhídrido Sulfuroso, partículas, plomo, arsénico presente en emisiones gaseosas provenientes de Unidades Minero Metalúrgicas.

1.4.5. LEY N° 28611 “Ley General del Ambiente”.

Establece que los requisitos que debe contener un EIA en general; la obligación de que los EIAs sean elaborados por instituciones debidamente calificadas y registradas ante la Autoridad competente y el derecho de libre acceso del público a las EIAs. Así mismo regula lo referente a la descarga de sustancias contaminantes al ambiente, estableciendo la obligación de adoptar precauciones para la depuración, medidas de control y monitoreo.

1.5. MARCO FILOSÓFICO

En nuestra etapa más primitiva fuimos más respetuosos con la naturaleza, conforme evolucionamos nuestras necesidades y nuestra soberbia fueron más grandes y hoy en día estamos dominados por el consumismo y esto ha traído como consecuencia la incesante explotación de los recursos

naturales, la industrialización y por ende en todo este proceso se generan desechos que son los que alteran el orden natural de las cosas; si no nos concientizamos en estos aspectos estamos condenados a desaparecer pero por nuestras propias acciones irrespetuosas hacia la naturaleza.

Para entender nuestra realidad, debemos entender ¿Qué es la realidad?, solo si entendemos filosófica y científicamente este concepto aprenderemos a convivir en armonía con ella de lo contrario estaremos expuestos a destruirla sin entender que con ella nos estamos destruyendo y quitándole la oportunidad de vida a futuras generaciones; por ello, escribimos algunos párrafos que bien nos podrían dar una mejor idea de lo que es nuestra realidad.

En su obra El tema de nuestro tiempo, Ortega y Gasset anuncia los dos caminos por los que tradicionalmente ha navegado la filosofía occidental: la ruta del racionalismo -que en nuestro recorrido se correspondería con la visión parmenídea e idealista- y la ruta del relativismo -con la heraclíteica y materialista. Esas dos rutas, cree Ortega, llegan a su tiempo como dispuestas a ser resueltas en una solución filosófica que las desencalle y supere. La propuesta orteguiana es su 'perspectivismo', la cual pueda parecer en inicio una mera disquisición académica, un recurso intelectualista, pero que en realidad esconde o implica una forma de interactuar directamente con nuestro entorno, o por decirlo orteguianamente, con nuestra 'circunstancia'. La posición perspectivista nos vincula a mantener una predisposición determinada con nuestro contexto, nos orienta en el terreno filosófico, pero también en otros, como el político o el social (probablemente el que más importaba a Ortega). Nuestro recorrido filosófico

por las concepciones en torno a la materia mantenidas en diversos periodos y ámbitos ha intentado mostrar una ruta similar a la que Ortega hace patente en su ensayo. La materia, como elemento (¿único?) que constituye el mundo, las concepciones filosóficas de la materia 19 consolidado debates y discusiones en diversos contextos (filosóficos, científicos, teológicos.) y ha ejercido fuerte influencia sobre ellos. Si algo he querido mostrar desde un comienzo es precisamente la filtración de los debates filosóficos, que en algunas ocasiones han sido también debates científicos (véanse los apartados que dedicamos a la Modernidad) y su importancia histórica. He querido hacer ver que, si perforamos en la superficie de un campo como el político o el científico, pero también sobre otros que no hemos podido mencionar, como el ético, el estético o el antropológico, a todos ellos subyacen tensiones y polémicas que, pese a adquirir una 'forma conceptual', pese a parecer un mero debate teórico, en el fondo exigen una toma de partido práctica. Es decir, ya mantengamos una concepción de la Ciencia u otra, o lo propio con un ideario político concreto, la cuestión que en el fondo se decide es esta: los conceptos e ideas con los que vivimos y convivimos nos vinculan, y en realidad, son los que tejen el escenario real, práctico, tangible y material en el que se desarrolla nuestra sociedad, nuestro contexto. La conceptualización que hagamos de la Ciencia o de cualquier otro ámbito tiene repercusiones en su porvenir. ¿No condujo a la teología medieval a un porvenir problemático el tomar partido en favor de la trascendencia? ¿No le fue favorable a la Ciencia desencadenarse de las explicaciones mitológicas y asumir una racionalidad más depurada y más exacta? ¿Y no igualmente a una sociedad que sobre tantas cosas toma

partido en cuestiones políticas? ¿Y no a nosotros mismos, que optamos en ocasiones por el desinterés y la apatía sobre cuestiones que, en el fondo, deciden sobre nosotros? Pero todo ello: ¿no ha decidido en buena parte, si no en toda, nuestra historia misma? Las disputas y problemas conceptuales, esos que asignamos en un inicio como tarea propia a la Filosofía, y que no estaban al margen en las teorías científicas sino operando en ellas, son en realidad de lo más inmediato que uno puede encontrar, y no algo distante y como flotando en la abstracción intelectual. En el haber científico, y realmente en el de todos, también está ser consciente de su vinculación con la Filosofía, pues su ejercicio es tocante al objeto filosófico. Quizá sean el objeto y la tarea de la Filosofía, problematizar y resolver problemas de ideas, lo más práctico a lo que uno se pueda ocupar: ante ellos solo cabe tomar parte, y más vale hacerlo de la mejor forma posible.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El montaje y puesta en marcha de diversas plantas de tratamiento de minerales por la técnica de flotación en la mayoría de casos; sin cumplir de manera adecuada con las normas establecidas por el Ministerio de Energía y Minas, omitiendo mínimas normas de seguridad ambiental y depositando los relaves directamente en pozas que no cuentan con geomembrana, vinimantas o finalmente con suelo impermeabilizado y descubierto a la intemperie; ponen en grave riesgo la composición de las tierras de la zona de Poroma, el sector es un campo abierto donde los fuertes vientos que corren generalmente de sur a norte han erosionado las relaveras, más el material particulado arrastrado en la operación de carguío a las tolvas de gruesos, en el proceso de chancado que emite una gran cantidad de material particulado, están contaminando estas tierras que son la reserva para la agricultura de la provincia de Nasca.

Es por ello que se presenta este estudio, con el objetivo de determinar en qué medida las tierras de esta zona han sido afectados por esta intensa actividad de la minería; ya que estos materiales particulados arrastran con ellas metales como cobre, plomo, arsénico, antimonio y otros.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿En qué medida la emisión de material particulado por las plantas de procesamiento de minerales ha afectado la composición natural de las tierras de la zona de Poroma – Nasca?
- ¿Es posible la remediación de estas tierras mediante la aplicación de fitorremediación?

2.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son los elementos que pueden haberse incrementado en la composición química de las tierras?
- ¿Qué tipo de plantas son las adecuadas para remediar estos suelos contaminados?

2.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1. JUSTIFICACIÓN

La presencia de numerosas plantas de tratamiento de minerales por procesos fundamentalmente de flotación y algunas de lixiviación obligan el movimiento de grandes tonelajes de minerales de diversa composición, los que generan la emisión de material particulado que son arrastrados por el intenso viento que corre en este lugar; lo que provoca indudablemente que las tierras se contaminen con elementos extraños a su composición primigenia. El presente trabajo pretende determinar el grado de contaminación de estas tierras, para ellos será necesario primero hacer un muestreo adecuado para determinar sus características primero en barlovento para determinar su composición original y luego en sotavento para determinar que

sustancias han sido adicionadas como efecto de la emisión de material particulado; tendremos datos, de análisis químico que nos permitirán conocer que elementos contaminantes extraños a la composición natural de estas tierras se encuentran en ellas; por otro lado estaremos brindando una alternativa de recuperación de estas tierras para uso agrícola aplicando la fitorremediación.

2.3.2. IMPORTANCIA

Las pampas de Poroma, son grandes extensiones de tierras, en las que ciertos sectores son usados para la agricultura, sembrándose entre otros, algodón, papa, maíz, etc. que dan ocupación a aproximadamente mil familias que radican a lo largo del valle, pero existen extensiones de terrenos eriazos que en el futuro serán usados también para la agricultura, parte de los cuales en la actualidad vienen siendo ocupados por las plantas de procesamiento de minerales; Los aproximadamente 20 años de incesante actividad en las plantas de procesamiento, hacen que se remueva aproximadamente 4000 toneladas de mineral por día, los que son movidos por cargadores frontales, volquetes, fajas transportadoras, chancadoras, zarandas vibratorias, etc. equipos que en cada etapa emiten material particulado que va al medio ambiente; sumado a esto el arrastre del viento de los montículos de mineral y de las relaveras, han contaminado los suelos de la zona; por lo que se hace necesario determinar el grado de contaminación y plantear una alternativa de fitorremediación de estas tierras.

Los resultados a obtener de la presente investigación servirán para introducir los aspectos correctivos en el trabajo de estas plantas, con el accionar de autoridades que deben velar por el cumplimiento de lo establecido en las leyes y normas para la convivencia amical entre la actividad minera y el medio ambiente, además de proponer la fitorremediación de las mismas.

2.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el grado de contaminación y proponer la Fitorremediación de los suelos de la zona de Poroma contaminados por emisión de material particulado de procesamiento de minerales.

2.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar en qué medida los componentes del material particulado emitido durante el procesamiento de minerales afectan el ecosistema, la agricultura y finalmente al habitante de la zona de Poroma.

Identificar los indicadores de contaminación de estos suelos.

Identificar las plantas adecuadas para la fitorremediación.

2.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

El material particulado emitido en el procesamiento de minerales, contamina el suelo de la zona de Poroma.

La fitorremediación es una alternativa viable para recuperar las tierras contaminadas de la zona de Poroma.

2.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

La contaminación de suelos de Poroma por emisión de material particulado genera impacto negativo sobre la biodiversidad de la zona de influencia.

La selección adecuada de plantas específicas posibilitara la remediación de estos suelos contaminados.

2.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

2.6.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

- **Variables independientes:** Contaminación de suelos y Fitorremediación
- **Variable dependiente:** Suelo del área de influencia

2.6.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1: Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE			
Contaminación de suelos y fitorremediación	Es la rotura del equilibrio del ecosistema en la capa de la corteza terrestre. Técnica utilizada para la recuperación de suelos contaminados, con el uso de plantas hiperacumuladoras de ciertos elementos químicos.	1. Políticas de prevención 2. Planificación y aplicación de las normas, decretos y leyes 3. Garantía de seguridad y protección al trabajador 4. Salud de los trabajadores	1. Porcentaje de disminución de contaminantes. 2. Porcentaje de cumplimiento de las Normas, Decretos y Leyes del Sistema de Gestión en Salud Ocupacional. 3. Porcentaje de plantas que cumplen con sistemas de seguridad. 4. Porcentaje de control por parte de los entes fiscalizadores.

VARAIBLES DEPENDIENTE	Extensiones de terrenos aledaños a las plantas de procesamiento de minerales que han recepcionado material extraño a su composición primigenea.	1. Contenido porcentual de elementos extraños. 2. Tipos de elementos 3. Tamaños de las partículas contaminantes	1. Sistemas de protección de relaveras 2. Enncapsulamiento de sistemas de reducción de tamaño
Suelos del área de influencia			

Elaboración Propia

CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

COMPONENTE FÍSICO:

- **Geomorfología:** Está conformado por las características del relieve topográfico, la diferencia de altura, la estructura geológica y la litología. En el entorno los cerros alcanzan variadas alturas, en algunos casos hasta los 1000 msnm.

El área de estudio Presenta una morfología resultada de los efectos degradatorios causados por los agentes de meteorización que han actuado sobre las unidades litológicas constituidas por granodioritas, andesitas y tonalitas.

Dentro de los agentes meteorizantes que han tenido un papel preponderante en el modelado actual del área han sido la temperatura del medio ambiente y las corrientes eólicas de la zona.

El área corresponde al desierto costero, esta unidad geomorfológica se ubica en las partes más bajas de las estribaciones del batolito de la costa.

Fisiográficamente el área de estudio se caracteriza por presentar extensas áreas desérticas, a manera de pampas, en donde el relieve presenta

imperceptibles desniveles topográfico. La presencia de dunas es normal y la acción eólica es característica en esta parte costera.

- **Geología:** la cuenca se encuentra formada por un variado conjunto de rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas extrusivas e intrusivas. Las rocas metamórficas que destacan son las cuarcitas, hornfels, esquistos micáceos, pizarras, y anfibolitas. Las rocas extrusivas están representadas por derrames, tufos volcánicos de composición andesítico, aglomeradas y material piroclástico en general, que forman parte de las eras mesozicas, cenozoica y mesozoica.

Sus suelos son de naturaleza coluvial y aluvial compuesta por fragmentos gruesos (gravas, guijarros) de textura media gruesa y con presencia en menor porcentaje de limo con arena; de drenaje algo excesivo y de requerimientos hídricos altos.

El área de estudio, geológicamente compromete terrenos sedimentarios y rocas del batolito de la costa.

- **Depósitos cuaternarios:** están constituidos de fragmentos de rocas intrusivas y sedimentarias, provenientes del batolito de la costa y de la formación Copara, que a lo largo de los años estas rocas han sido erosionadas y transportadas desde las partes altas hacia el llano occidental para formar la superficie actual.
- **Geodinámica Externa:** Los procesos geodinámicos que tienen lugar en el área de estudio, están íntimamente relacionados con las precipitaciones pluviales en las alturas de la quebrada, que afectan los taludes de las terrazas socavando sus márgenes, sobre todo los taludes que corresponden a la terraza de la margen derecha del río Trancas, llegando en algunos casos

a inundar esta área. Estos fenómenos geodinámicos alcanzan su máximo grado de afectación durante las avenidas extraordinarias del río, durante el fenómeno del niño.

- **Fisiografía:** El área de estudio, corresponde al piso desierto Pre montano, caracterizado por presentar sectores de relieve suavemente ondulado, tipo planicie.

Se pueden identificar en esta zona dos unidades fisiográficas principales: La Costa y la Yunga marítima.

La costa caracterizada por su topografía plana con ligeras ondulaciones, que empieza desde el litoral marítimo hasta la cota de 500 msnm y presenta explanadas hasta el contacto con la yunga marítima que inicia a partir de esa altura.

HIDROGRAFIA

- **Agua superficial:** Las aguas superficiales son escasas en la zona de estudio, lo que obliga a la población a extraer agua del subsuelo para satisfacer la demanda tanto de consumo como de uso agrícola.

La zona de estudio se encuentra específicamente entre los pequeños valles formados por los ríos Taruga y Las Trancas. El sistema hídrico que se encuentra bajo el área de estudio pertenece al sistema hidrográfico del Pacífico, a la cuenca del Río Grande, a la subcuenca del río Nasca y a las microcuencas de los ríos Taruga y Las Trancas, caracterizados por presentar un drenaje de paralelo a subparalelo, cuyas aguas de origen en las altas cumbres andinas a altitudes de 3500 a 4000 msnm. Las aguas de estos dos últimos ríos tributan al río Nasca que a su vez tributa al Río Grande y este desemboca en el océano pacífico.

- **Aguas subterráneas:** La zona de estudio cuentan con ingentes cantidades de agua subterránea, se afirma además que por el subsuelo de la zona discurren 05 ríos subterráneos y prueba de ello es que en la zona en la actualidad existen 22 plantas de beneficio de minerales que en promedio consumen aproximadamente 200 metros cúbicos de agua cada una.
- **Suelos:** La clasificación de suelo de la zona corresponde al tipo de suelo litosol desértico, el área es un tablazo. Superficialmente está cubierto por arenas eólicas. Las capas sedimentarias predominantes lo constituyen las arenas, conglomerados cementados y sedimentos calcáreos, con aptitud para el intenso riego. El uso actual de los terrenos en algunas áreas es nulo y en la mayor proporción en agricultura.

Potencialmente, de acuerdo a las características descritas es recomendado para uso agrícola, ya que desde el punto de vista térmico no se presentan problemas para este uso.

Los resultados de la investigación efectuada evidencian procesos de formación de suelos cuaternarios compuesto de acumulaciones aluviales friables que están conformados por arenas de grano medio a fino y algo de gravas; son resistentes a la compresión, estos suelos son de drenaje algo excesivo y de requerimientos hídricos altos.

Capacidad de uso mayor de las tierras

En concordancia con el D.S. N° 0062-75-AG el área de influencia directa e indirecta de la zona de estudio, correspondiente al uso potencial del suelo representa la clasificación de tierras aptas para cultivos en limpio(A), permanentes (C) y protección (X) pero con severas limitantes, lo cual describimos a continuación y adjuntamos los planos correspondientes.

De acuerdo a la información bibliográfica y de campo se ha concluido que los suelos en el área de estudio, por sus condiciones edáficas y ecológicas presentan calidad agrologica baja y severas limitaciones por suelo, clima y sales.

Grupo		Clase		Sub clase	
Símbolo	Uso mayor	Símbolo	Calidad agrologica	Símbolo	Factor limitante
C	Tierras aptas para cultivos permanentes	C3	Baja	C3scl	Restricciones por suelo, clima y sales
A	Tierras aptas para cultivo en limpio	A3	Baja	A3c	Restricciones por clima
X	Tierras de protección	X	-----	X

Uso actual de las tierras:

En el área de estudio no se han identificado áreas de cultivo, por lo que en la actualidad se encuentran sin uso. Sin embargo, a distancias de aproximadamente 2 km, en aquellos lugares donde se dispone de agua de regadío se han observado algunas áreas de cultivo, tales como plantaciones de vid, maíz, algodón, papa, melón, sandias, paprika, etc.

CLIMATOLOGIA Y METROLOGIA.

Clima:

El área de estudio se ubica ecológicamente en la zona de vida desierto desecado subtropical (dd-S). Esta zona tiene un clima desértico y seco, los días son generalmente soleados con marcada disminución de temperatura durante las noches y son escasas las lluvias.

La vegetación no existe o es muy escasa, apareciendo especies halófitas distribuidas en pequeñas manchas verdes dentro del extenso y monótono arenas grisáceo eólico.

Temperatura

La temperatura en el área de estudio corresponde a clima semicálido registrada en la estación Meteorológica de COPARA del SENAMHI (Latitud 14°58'28", Longitud 74°53'25" y una altitud de 545 msnm), nos presenta un promedio de 21.20° C anual; entre los meses de Febrero a Marzo (año 2021) la temperatura promedio fue de 25.65°C en el mes de Junio 17.3° que constituye la temperatura más baja.

En el área de estudio se registraron como temperatura máxima 25,8° mes de febrero y como mínimo 17.3° C (mes de junio), siendo la tendencia al incremento de la temperatura en general.

Humedad

La humedad relativa del área del proyecto, por estar en una zona desértica es baja. El promedio anual de humedad relativa media registrada en la estación Meteorológica de COPARA del SENAMHI, es de 61.66% (año 2021); la humedad relativa extrema fue de 75% (mes de julio 2021) y la mínima fue de 56% (mes de noviembre 2021) en el área de estudio.

Evaporación.

La evaporación registrada en la estación Meteorológica de COPARA del SENAMHI es poco oscilante, ya que varía entre 4.2 y 6.9 mm, siendo el promedio anual de 5.55 mm, los valores más bajos se registran entre Julio y agosto, siendo la evaporación mucho mayor a la precipitación máxima, debido a la ausencia de precipitaciones fluviales que permitan el descenso

de la temperatura ambiental en la zona de estudio, así mismo debido a la ausencia de vegetación por ser una zona de carácter desértico.

Precipitación Pluvial.

La precipitación fluvial en el área de estudio es muy escasa y debido a su ubicación, por lo general no existen precipitaciones importantes, por lo cual no hay peligro de inundaciones o catástrofes ocasionadas por las condiciones climáticas.

Los datos proporcionados por el SENAMHI registrada en la estación Meteorológica de COPARA, nos muestra que las precipitaciones fluviales en la mayoría de los casos son nulas habiéndose registrado en enero del año 2021 5.5 mm de precipitación fluvial como máximo para los 20 años de data existente.

Vientos predominantes en el área de estudio.

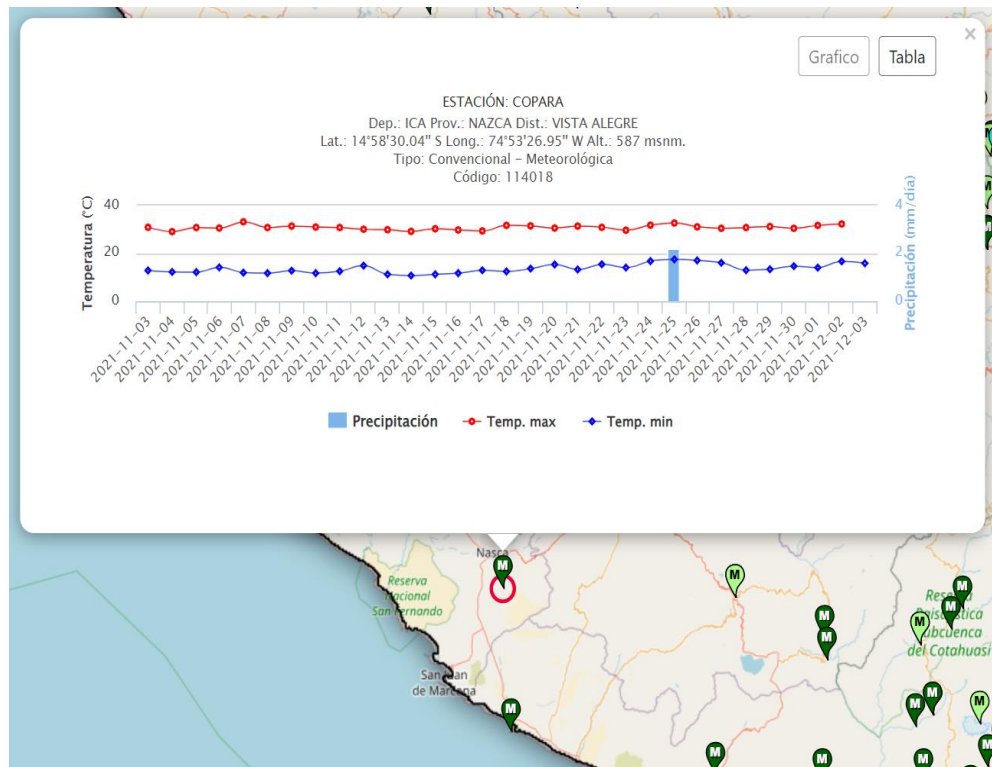
La dirección predominante del viento en m/s registrada en la estación Meteorológica de COPARA del SENAMHI, nos proporciona datos sobre la dirección predominante del viento el cual es de SW al NE, para todo el año, mientras que la velocidad media máxima se presenta en el mes de febrero con 5.0 m/s y la velocidad mínima en el mes de julio 2.1 m/s.

Calidad del aire

Con la finalidad de evaluar la calidad del aire, se efectuó el respectivo monitoreo de acuerdo a las recomendaciones del Protocolo de Calidad de Aire y Emisiones emitido por el MEM, instalándose dos estaciones de monitoreo (una en sotavento y otra en Barlovento) para evaluar la Calidad de Aire y una estación adicional dentro del área de estudio, para evaluar las

emisiones atmosféricas, ubicadas en base a las variaciones de la dirección y velocidad del viento.

UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO DE AIRE



Fuente SENAMHI COPARA

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.

Aguas Superficiales.

El área de estudio se encuentra dentro de la microcuenca y en la margen derecha del Rio Las Trancas, que a su vez pertenece a la subcuenca del rio Nasca y esta a su vez a la cuenca del Rio Grande.

El Rio Las Trancas permanece seco la mayor parte del año, es muy irregular y su caudal es muy limitado.

Cuando se han efectuado las visitas de campo, no ha sido posible obtener muestras de agua del río Las trancas, por cuanto no presentaba caudal su cauce estaba completamente seco.

Aguas Subterráneas

En el área de estudio, si hacemos un análisis de la cantidad de plantas de tratamiento y la cantidad de pozos que existen en todo el valle, podemos considerar que en el subsuelo existe abundante agua; incluso existen técnicos en Radiestesia que consideran que en este valle existen 5 ríos subterráneos.

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según la intervención del investigador:

- **Descriptivo.** - Según la planificación de la toma de datos
- **Prospectivo.** - Según el número de ocasiones en que mide la variable de estudio
- **Transversal.** - Según el número de muestras a estudiar
- **Descriptivo.** - Nivel de Investigación

3.1.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- El diseño que se empleará es estudio de comparaciones múltiples, de una sola medición.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Se tomará como población a toda el área de influencia de las plantas de procesamiento y la muestra estará representada por los puntos estratégicamente elegidos, tanto al sur como al norte de la ubicación de las plantas.

CAPITULO IV

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de recolección a utilizarse para obtener los datos serán:

- Medios inscritos. (información escrita)
- Encuestas
- Observación de las plantas
- Muestras

4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- Cuaderno de campo.
- Cámara fotográfica
- Grabadora
- Software
- Mapas

4.3. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- Aplicación de técnicas propias de estadística descriptiva.
- Aplicación de técnicas de estadística inferencial.

CAPITULO V

CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS.

Dado que, en el presente estudio de investigación, el autor no realiza ninguna manipulación de las variables de investigación; sino que basa el estudio en conceptos, sucesos y actividades realizadas por entes dedicados a beneficiar minerales, afectando de manera permanente los suelos de la zona, es que la investigación es no experimental; por lo que no requiere de la contrastación de las hipótesis planteadas.

CAPITULO VI

PRESENTACION, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS



INFORME DE ENSAYO N°FEB1106.R18

ANALISIS DE SUELOS DE MUESTRAS TOMADAS EN BARLOVENTO Y SOTAVENTO

Muestras		Elementos															
N°	Código de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA0370 Hg mg/Kg PS 0.01	MA1124 Ag mg/Kg PS 0.2	MA1124 Al mg/Kg PS 100	MA1124 As mg/Kg PS 0.2	MA1124 Ba mg/Kg PS 1	MA1124 Be mg/Kg PS 0.4	MA1124 Bi* mg/Kg PS 5 <5	MA1124 Ca mg/Kg PS 100	MA1124 Cd mg/Kg PS 0.3	MA1124 Co mg/Kg PS 0.04	MA1124 Cr mg/Kg PS 0.3	MA1124 Cu mg/Kg PS 0.5	MA1124 Fe mg/Kg PS 100	MA1124 K mg/Kg PS 100
1	Paroma Nasca BAR 20181202	2018-02-12 11:10	Suelos	0.26	0.4	7595	13.4	69	<0.4	<5	12223	0.7	7.18	5.5	333	18286	2237
2	Paroma Nasca SOT 20181202	2018-02-12 11:35	Suelos	0.05	<0.2	6406	5.3	87	<0.4	<5	15617	0.3	4.15	5.5	34.9	16421	1776

Muestras		Elementos														
N°	Código de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MA1124 Mg mg/Kg PS 100	MA1124 Mn mg/Kg PS 2	MA1124 Mo mg/Kg PS 0.09	MA1124 Na mg/Kg PS 100	MA1124 Ni mg/Kg PS 1	MA1124 P* mg/Kg PS 100	MA1124 Pb mg/Kg PS 0.3	MA1124 Sb mg/Kg PS 5	MA1124 Se mg/Kg PS 0.9	MA1124 Sn* mg/Kg PS 10	MA1124 Sr* mg/Kg PS 0.5	MA1124 Ti* mg/Kg PS 100	MA1124 TI mg/Kg PS 0.03	MA1124 V mg/Kg PS 2	MA1124 Zn mg/Kg PS 0.5
1	Paroma Nasca BAR 20181202	5123	340	1.52	3614	8	724	21.9	<5	<0.9	<10	59.8	380	0.23	55	69.2
2	Paroma Nasca SOT 20181202	4477	301	0.63	6392	3	621	6.3	<5	1.3	<10	64.2	417	0.29	57	32.6

ANALISIS

Muestras QC		Elementos													
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MA0370 Hg mg/Kg PS 0.01	MA1124 Ag mg/Kg PS 0.2	MA1124 Al mg/Kg PS 100	MA1124 As mg/Kg PS 0.2	MA1124 Ba mg/Kg PS 1	MA1124 Be mg/Kg PS 0.4	MA1124 Bi* mg/Kg PS 5	MA1124 Ca mg/Kg PS 100	MA1124 Cd mg/Kg PS 0.3	MA1124 Co mg/Kg PS 0.04	MA1124 Cr mg/Kg PS 0.3	MA1124 Cu mg/Kg PS 0.5	MA1124 Fe mg/Kg PS 100	MA1124 K mg/Kg PS 100
1	Adición (% Recup.)	120.0	97.3	80.0	104.0	101.5	112.0	--	81.5	88.0	84.0	120.0	105.0	97.0	98.0
2	Adición (% Recup.)	92.5	97.3	85.5	104.0	98.0	112.0	--	81.5	88.0	84.8	120.0	95.5	94.0	98.5
3	Adición Rango (%)	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	--	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0
4	STD - Recuperación Obtenido (%)	97.4	100.0	100.0	100.3	100.1	100.0	100.0	99.9	100.5	100.0	100.0	100.0	99.8	100.4
5	STD - Rango (%)	96.5-103.5	97.5-102.5	85.7-114.3	97.5-102.5	97.8-102.2	97.9-102.1	80.0-120.0	97.1-102.9	97.7-102.3	97.5-102.5	97.7-102.3	97.7-102.3	96.0-104.0	97.2-102.8
6	Paroma Nasca SOT 20181202 (Original)	0.05	<0.2	6406	5.3	87	<0.4	<5	15617	0.3	4.15	5.5	34.9	16421	1776
7	Paroma Nasca SOT 20181202 (Dup)	0.05	<0.2	6422	5.3	86	<0.4	<5	15562	0.3	4.11	5.5	34.5	16122	1785
8	Blanco	<0.01	<0.2	<100	<0.2	<1	<0.4	<5	<100	<0.3	<0.04	<0.3	<0.5	<100	<100

Muestras QC		Elementos													
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MA1124 Mg mg/Kg PS 100	MA1124 Mn mg/Kg PS 2	MA1124 Mo mg/Kg PS 0.09	MA1124 Na mg/Kg PS 100	MA1124 Ni mg/Kg PS 1	MA1124 P* mg/Kg PS 100	MA1124 Pb mg/Kg PS 0.3	MA1124 Sb mg/Kg PS 5	MA1124 Se mg/Kg PS 0.9	MA1124 Sn* mg/Kg PS 10	MA1124 Sr* mg/Kg PS 0.5	MA1124 Ti* mg/Kg PS 100	MA1124 Tl mg/Kg PS 0.03	MA1124 V mg/Kg PS 2
1	Adición (% Recup.)	86.0	86.5	98.4	87.5	88.0	--	80.0	105.0	104.0	87.2	80.0	88.1	83.2	94.0
2	Adición (% Recup.)	85.5	89.5	113.6	90.0	85.5	--	80.0	103.0	104.0	87.2	80.0	87.6	119.2	91.5
3	Adición Rango (%)	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	--	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0
4	STD - Recuperación Obtenido (%)	100.1	99.9	98.3	100.1	100.0	100.0	100.9	99.8	100.0	97.4	100.0	--	99.9	100.0
5	STD - Rango (%)	96.4-103.6	96.2-103.8	97.7-102.3	97.0-103.0	97.5-102.5	90.5-109.5	97.6-102.4	79.0-121.0	96.8-103.2	95.5-104.5	96.7-103.3	--	97.1-102.9	98.2-101.8
6	Paroma Nasca SOT 20181202 (Original)	4477	301	0.63	6392	3	621	6.3	<5	1.3	<10	64.2	417	0.29	57
7	Paroma Nasca SOT 20181202 (Dup)	4419	295	0.63	6362	3	609	6.3	<5	1.4	<10	63.8	412	0.26	57
8	Blanco	<100	<2	<0.09	<100	<1	<100	<0.3	<5	<0.9	<10	<0.5	<100	<0.03	<2



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N°LE 022



RESULTADOS DE ANALISIS

INFORME DE ENSAYO
N°OCT0191.R19
26-Oct.-2019

Muestras QC		Elementos
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MA1124 Zn mg/Kg PS 0.5
1	Adición (% Recup.)	102.8
2	Adición (% Recup.)	99.0
3	Adición Rango (%)	80.0 - 120.0
4	STD - Recuperación Obtenido (%)	100.0
5	STD - Rango (%)	97.4-102.6
6	Paroma Nasca SOT 20181202 (Original)	32.6
7	Paroma Nasca SOT 20181202 (Dup)	32.2
8	Blanco	<0.5



RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELO FITORREMEIADO

INFORME DE ENSAYO
N°OCT0191.R19
26-Oct.-2019

Muestras		Elementos													
N°	Código de Servicio Elemento Unidad Límite Inferior Límite Superior	G0207 Weight* kg	G0108 Au ppm 0.005 10	G0145 Ag ppm 0.2 100	G0145 Al* % 0.01 15	G0145 As* ppm 3 10000	G0145 Ba* ppm 1 10000	G0145 Be* ppm 0.5 10000	G0145 Bi* ppm 5 10000	G0145 Ca* % 0.01 15	G0145 Cd* ppm 1 10000	G0145 Co* ppm 1 10000	G0145 Cr* ppm 1 10000	G0145 Cu ppm 0.5 10000	G0145 Fe* % 0.01 15
1	A-18	1.99	0.021	0.3	1.44	13	148	<0.5	<5	1.02	<1	10	128	192	2.87

[IC-VH-33] Los elementos Al, Ba, Be, Ca, Cr, Ga, K, La, Mg, Na, S, Sc, Sn, Sr, Ti, Tl, W, Zr la digestión podría ser incompleta (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA



Muestras		Elementos													
N°	Código de Servicio Elemento Unidad Límite Inferior Límite Superior	G0145 Ga* ppm	G0145 Hg* ppm	G0145 K* %	G0145 La* ppm	G0145 Mg* %	G0145 Mn* ppm	G0145 Mo* ppm	G0145 Na* %	G0145 Nb* ppm	G0145 Ni* ppm	G0145 P* %	G0145 Pb ppm	G0145 S* %	G0145 Sb* ppm
		10	1	0.01	0.5	0.01	2	1	0.01	1	1	0.01	2	0.01	5
		10000	10000	15	10000	15	10000	10000	15	10000	10000	15	10000	10	10000
1	A-18	<10	<1	0.43	14.2	0.65	487	<1	0.35	<1	10	0.07	44	0.14	<5

RESULTADOS DE ANALISIS

Muestras		Elementos									
N°	Código de Servicio	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145
	Elemento	Sc*	Sn*	Sr*	Ti*	Tl*	V*	W*	Y*	Zn	Zr*
	Unidad	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	Límite Inferior	0.5	10	0.5	0.01	2	2	10	0.5	0.5	0.5
Límite Superior	10000	10000	5000	15	10000	10000	10000	10000	10000	10000	
1	A-18	4.3	<10	120	0.11	<2	99	<10	9.9	72.5	15.6

CONTROL DE CALIDAD

Muestras QC		Elementos													
N°	Código de Servicio	G0108	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145
	Elemento	Au	Ag	Al*	As*	Ba*	Be*	Bi*	Ca*	Cd*	Co*	Cr*	Cu	Fe*	Ga*
	Unidad	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
	Límite Inferior	0.005	0.2	0.01	3	1	0.5	5	0.01	1	1	1	0.5	0.01	10
Límite Superior	10	100	15	10000	10000	10000	10000	15	10000	10000	10000	10000	15	10000	
1	STD41R-AR-ICP (Obtenido)	--	4.3	1.75	300	38	--	69	0.43	3	8	38	220	4.58	--
2	STD41R-AR-ICP Rango	--	4.1-4.9	1.48-2.20	275-315	31-43	--	60-76	0.40-0.52	2-6	4-12	33-41	211-240	4.44-4.76	--
3	CDN-ME-1501 (Obtenido)	--	35.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2962	--	--
4	CDN-ME-1501 Rango	--	32.3-36.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2820-3020	--	--
5	STD 214 (Obtenido)	0.187	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	STD 214 Rango	0.169-0.209	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	A-18 (Original)	0.021	0.3	1.44	13	148	<0.5	<5	1.02	<1	10	128	192	2.87	<10
8	A-18 (Dup)	0.020	0.3	1.44	14	149	<0.5	<5	1.01	<1	10	128	190	2.91	<10
9	Blanco	<0.005	<0.2	<0.01	<3	<1	<0.5	<5	<0.01	<1	<1	<1	<0.5	<0.01	<10

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Muestras QC		Elementos													
N°	Código de Servicio Elemento Unidad Límite Inferior Límite Superior	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145
		Hg* ppm	K* %	La* ppm	Mg* %	Mn* ppm	Mo* ppm	Na* %	Nb* ppm	Ni* ppm	P* %	Pb ppm	S* %	Sb* ppm	Sc* ppm
		1	0.01	0.5	0.01	2	1	0.01	1	1	0.01	2	0.01	5	0.5
		10000	15	10000	15	10000	10000	15	10000	10000	15	10000	10	10000	10000
1	STD41R-AR-ICP (Obtenido)	6	0.27	12.0	0.43	971	4	0.04	--	5	0.07	216	0.27	45	3.9
2	STD41R-AR-ICP Rango	3-7	0.24-0.32	11.5-13.9	0.41-0.45	935-1063	3-7	0.02-0.06	--	3-7	0.05-0.09	197-233	0.25-0.29	39-51	3.6-4.0
3	CDN-ME-1501 (Obtenido)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3922	--	--	--
4	CDN-ME-1501 Rango	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3670-4030	--	--	--
5	STD 214 (Obtenido)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	STD 214 Rango	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	A-18 (Original)	<1	0.43	14.2	0.65	487	<1	0.35	<1	10	0.07	44	0.14	<5	4.3
8	A-18 (Dup)	<1	0.43	14.1	0.65	491	<1	0.35	<1	10	0.07	42	0.14	<5	4.2
9	Blanco	<1	<0.01	<0.5	<0.01	<2	<1	<0.01	<1	<1	<0.01	<2	<0.01	<5	<0.5

Muestras QC		Elementos								
N°	Código de Servicio Elemento Unidad Límite Inferior Límite Superior	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145	G0145
		Sn* pp m	Sr* pp m	Ti* % 0.01	Tl* pp m2	V* pp m2	W* pp m	Y* pp m	Zn pp m	Zr* pp m
		10 10000	0.5 5000	15	10000	10000	10 10000	0.5 10000	0.5 10000	0.5 10000
1	STD41R-AR-ICP (Obtenido)	32	29.8	0.12	--	46	62	7.0	354	11.4
2	STD41R-AR-ICP Rango	8-52	28.5-34.1	0.11-0.15	--	43-47	56-64	6.3-7.5	343-379	9.1-13.9
3	CDN-ME-1501 (Obtenido)	--	--	--	--	--	--	--	2465	--
4	CDN-ME-1501 Rango	--	--	--	--	--	--	--	2430-2630	--
5	STD 214 (Obtenido)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	STD 214 Rango	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	A-18 (Original)	<10	120	0.11	<2	99	<10	9.9	72.5	15.6
8	A-18 (Dup)	<10	121	0.11	<2	100	<10	9.9	74.5	15.9
9	Blanco	<10	<0.5	<0.01	<2	<2	<10	<0.5	<0.5	<0.5

METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción			
	Analito	Cod.Serv	Metodo	Descripción
1	Au	G0108	IC-EF-01	Muestras de Exploración Geoquímica: Determinación de Oro por Ensayos al Fuego - AAS.(Validado).Rev.32/2019
2	Varios *	G0145	IC-VH-33	Muestras de Exploración Geoquímica: Determinación Multielemental por ICP-OES - Digestión Agua Regia (HNO3, HCl).(Validado en Ag,Cu,Pb,Zn).Rev.12/2019

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

CUADRO RESUMEN DE ELEMENTO ANALIZADOS:

Elemento (mg/kg)	Hg	Ag	Al	As	Ba	Co	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	Pb	Zn
Barlovento	0.05	<0.2	6406	5.3	87	4.15	34.9	16421	1776	4477	301	6392	621	621	32.6
Sotavento	0.26	0.4	7595	13.4	69	7.18	333	18286	2237	5123	340	3614	724	724	69.2
fitorremediado	<1	0.3	1.44	13	148	10	192	2.87	0.43	0.65	487	0.35	0.07	44	
LMP														70	

Muy tóxicos y fácilmente disponibles				Contaminantes prioritarios según la EPA				Metales y no metales que aparecen en concentración superior a la normal por causas antrópicas.	
As	Pd	Zn	Tl	Sb	Pb	Cr	Hg	Ag	Pb
Co	Ag	Sn	Pb	As	Hg	Cu	Tl	As	Sb
Bi	Cd	Se	Te	Be	Ni	Zn		Cu	Sn
Ni	Pt	Cu	Hg	Cd	Se			Hg	Zn
Sb								Ni	

Fuente: Contaminantes prioritarios según la EPA

6.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- ✓ Los resultados de los análisis ICP-OES efectuados en los laboratorios de CERTIMN indican con claridad que efectivamente hay un incremento sustancial en la concentración de elementos químicos en sotavento con respecto a barlovento, lo que demuestra que las partículas arrastradas en la dirección del viento son los que incrementan el contenido metálico de estos suelos; esta práctica de labores de las plantas de procesamiento de minerales sin sistemas de encapsulamiento de los sistemas de transporte son los que generan el desplazamiento de las partículas con ayuda de los fuertes vientos que corren en ese sector.
- ✓ También es necesario aclarar que a pesar que el cobre en las normas peruanas no es considerada como elemento contaminante, si lo es en países industrializados como EE.UU, Japón y otros, normas que exigen a los inversionistas el cumplimiento estricto de sus disposiciones.
- ✓ Igualmente, de acuerdo al cuadro resumen (Fitorrediado) puede verificarse que la concentración de estos elementos ha disminuido respecto a los resultados obtenidos en sotavento y; debemos manifestar que las muestras tomadas corresponden a un sembrío de la planta **Medicago Sativa** (alfalfa) en la zona contaminada.

CONCLUSIONES

1. En general de acuerdo a los resultados de los análisis efectuados tanto en barlovento como en sotavento y; realizada la comparación para la concentración de cada uno de los elementos analizados, se puede verificar que efectivamente existe un incremento sustancial en la concentración de ciertos elementos como el Cobre, hierro, arsénico, cobalto, magnesio y otros, concentración que a la postre resultarían perjudiciales. La siembra de medicago sativa (alfa alfa) es la alternativa más viable para la disminución de la concentración de estos elementos en los suelos de este sector, por su fácil adaptación y la efectividad que demuestra según los análisis.
2. De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis de los suelos presumiblemente contaminados, se puede observar que hay elementos químicos, componentes naturales del suelo que han incrementado su concentración y este incremento seguirá subiendo en el tiempo, afectando sustancialmente el ecosistema; haciendo que estos suelos se vuelvan estériles e improductivos cuando se decida activar la agricultura ya que las riquezas mineras son no renovables, en lo referente a la salud humana los más afectados serán los trabajadores de cada una de las empresas, ya que en la mayoría de casos sus labores las desempeñan sin ningún tipo de protección facial, absorbiendo prácticamente las partículas que afectaran su sistema respiratorio como consecuencia de enfermedades respiratorias.

3. El incremento en las concentraciones de casi todos los elementos constituyentes del suelo primigenio nos indica que se está distorsionando la originalidad de estos suelos, lo que indica que las plantas están emitiendo elementos extraños que a la postre serán nocivos al ecosistema de la zona.
4. No se ha efectuado una selección exhaustiva de una planta a partir de un conjunto de ellas, sin embargo hemos recurrido a los antecedentes de estos suelos, de acuerdo a nuestra experiencia, pues en áreas de estas estancias se desarrollaban granjas de ganado vacuno y se hacían sembríos de alfalfa por lo que hemos tomado muestras de suelos que han sido sembrados con esta planta y analizado sus elementos constituyentes después de 08 meses y los resultados son alentadores ya que la concentración de los elementos ha decaído favorablemente.

RECOMENDACIONES

1. El incremento en la concentración de ciertos elementos en los suelos aledaños a las plantas de tratamiento se debe a la emisión de material particulado durante el transporte, reducción de tamaño y clasificación de los minerales que entran a proceso por un lado debido a que los circuitos en la mayoría de casos no están encapsulados y menos cuentan con colectores de polvo, por otro lado las relaveras si bien es cierto que en sus inicios fueron diseñados por debajo del nivel de suelo; con el paso de los años estos subniveles han sido rellenados y hoy en día están por sobre el nivel lo que genera que los fuertes vientos que corren en la zona arrastre con facilidad estas partículas, por lo que se hace necesario mayor control por parte; por ejemplo de la Oficina Regional de Minería y se haga cumplir todos los aspectos de seguridad de estas plantas.
2. Los análisis efectuados a estos suelos demuestran con claridad la alteración que están sufriendo y que a la postre harán estériles o improductivos estos suelos; para evitar este daño es necesario el cumplimiento de normas ya establecidas; las plantas de tratamiento de minerales deben estar ubicados a 15 Km del centro poblado más cercano y esto no se cumple ya que en el entorno se encuentran los Centros poblados de Poroma, Copara y Vista Alegre (Minex) se encuentra pegado a este último, por lo que se requiere el retiro de todas estas plantas a zonas como la pampa Salaverry un lugar bastante adecuado para la ubicación de estas plantas.

3. El ecosistema de la zona debe encontrarse totalmente dañada, por lo que se sugiere el concurso de especialistas que realicen un estudio detallado de los daños ocasionados para su recuperación.
4. En lo referente a la recuperación de suelos para uso agrícola se sugiere el sembrío de plantas como la alfalfa pues de acuerdo a lo observado es una planta que absorbe una considerable cantidad de metales como el cobre y efectuar un estudio más profundo para encontrar otras plantas que cumplan posiblemente con más eficiencia este proceso.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. ACOSTA DE ARMAS, M., & MONTILLA PEÑA, J. (2011). Evaluación de la contaminación de Cadmio y Plomo en agua, suelo y sedimento y análisis de impactos ambientales en la subcuenca del río Balsillas afluente del río Bogotá D.C., Colombia.
2. AZEVEDO, R., & RODRIGUEZ, E. (2012). Phytotoxicity of mercury in plants. *Journal of botany*.
3. CARPENA, R., & BERNAL, M. (2007). Claves de la fitorremediación: Fiotecnologías para la recuperación de suelos. *Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*.
4. CARTES INDO, P. (2005). Dinámica de selenio en el sistema suelo-planta: evaluación de un sistema pratense modelo. Temuco, Chile: Instituto de agroindustria y universidad de la frontera.
5. CARTES, P., & MORA, M. D. (2005). Adsorción de selenio en andinosoles y su relación con la absorción de las plantas. *Boletín N° 21 de la sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo*.
6. LORA SILVA, R., & BONILLA GUTIERREZ, H. (2010). Remediación de un suelo de la cuenca alta del río Bogotá contaminado con los metales pesados de Cadmio y Cromo. U.D.C.A. *Actualidad & divulgación científica*.
7. MUSO CACHUMBA, J. (12 de Diciembre de 2012). Determinación de la capacidad fitorremediadora de cadmio del Camacho (*Xanthosoma undipies koch*) especie vegetal nativa en el área de influencia de Ecuador en el distrito amazónico.
8. POULIN, J., & GIBB, H. (2008). Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local. Ginebra: Organización mundial de la salud.
9. RÁBAGO JUAN-ARACIAL, I. (2011). Capacidad de amortiguación de la contaminación por Plomo y Cadmio en suelos de la comunidad de Madrid. España.
10. VOLKE SEPÚLVEDA, T., VELASCO TREJO, J., & DE LA ROSA PÉREZ, D. (2005). Suelos contaminados por metales y metaloides: Muestreo y alternativas para su remediación. México D. F., Mexico: Instituto nacional de ecología.
11. LAS CONCEPCIONES FILOSÓFICAS DE LA MATERIA: UNA BREVE APROXIMACIÓN A SUS IMPLICACIONES R. Gil Rodríguez* Universidad Complutense de Madrid.

ANEXOS

ANEXO N.º 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	MARCO TEORICO	MÉTODOS
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿En qué medida la emisión de material particulado por las plantas de procesamiento de minerales ha afectado la composición natural de las tierras de la zona de Poroma – Nasca? ¿Es posible la remediación de estas tierras mediante la aplicación de fitorremediación? <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son los elementos que pueden haberse incrementado en la composición química de las tierras? ¿Qué tipo de plantas son las adecuadas para remediar estos suelos contaminados? 	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar el grado de contaminación y proponer la Fitorremediación de los suelos de la zona de Poroma contaminados por emisión de material particulado de procesamiento de minerales. <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar en qué medida los componentes del material particulado emitido durante el procesamiento de minerales afectan el ecosistema, la agricultura y finalmente al habitante de la zona de Poroma. Identificar los indicadores de contaminación de estos suelos. Identificar las plantas adecuadas para la fitorremediación. 	<p>HIPOTESIS GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> El material particulado emitido en el procesamiento de minerales, contamina el suelo de la zona de Poroma. La fitorremediación es una alternativa viable para recuperar las tierras contaminadas de la zona de Poroma. <p>HIPOTESIS ESPECIFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> La contaminación de suelos de Poroma por emisión de material particulado genera impacto negativo sobre la biodiversidad de la zona de influencia. La selección adecuada de plantas específicas posibilitara la remediación de estos suelos contaminados. 	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>VI = : Contaminación de suelos y Fitorremediación</p> <hr/> <p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>VD =. : Suelo del área de influencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> Contaminación de suelos. Material particulado Procesamiento de minerales. Fitorremediación 	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Correlacional.</p> <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN No experimental transeccional descriptivo.</p> <p>POBLACIÓN: Suelos contaminados de los entornos de las plantas</p> <p>MUESTRA: Lugares puntuales tanto en Barlovento como en Sotavento. Suelos sembrados con alfalfa.</p>

Algunas relaveras existentes en la actualidad (nótese la erosión causada por los vientos)



Relaveras totalmente secas, expuestas a la intemperie.



Foto: Muestra la velocidad del viento



Foto: Muestreo de aire



Monitoreo ambiental participativo en campo

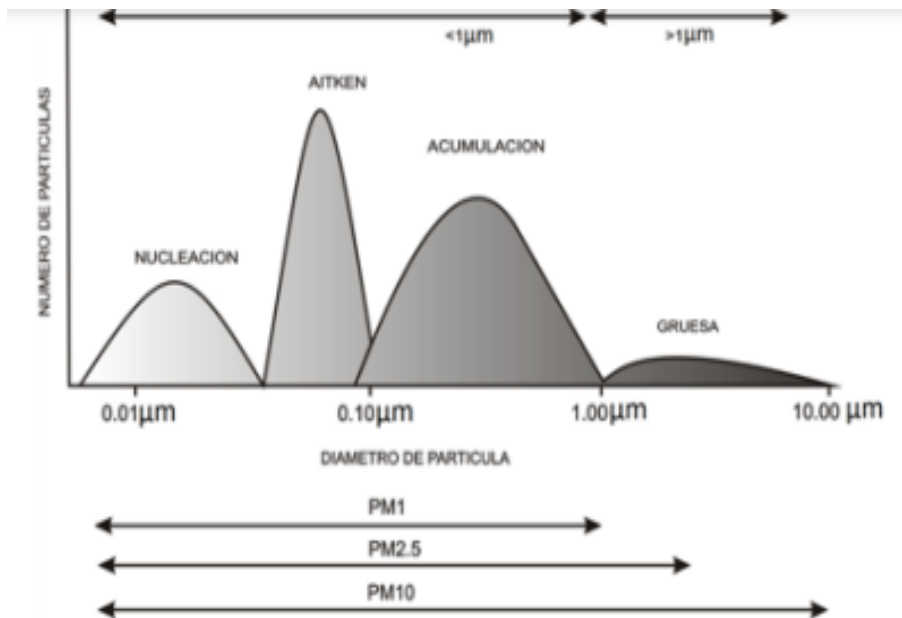


Figura 2. Distribución del número de partículas en función del diámetro.
Tomado de Viana (2003).

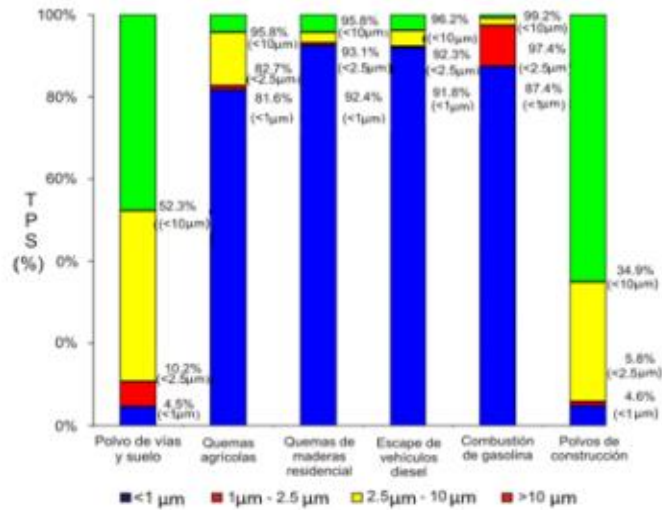


Figura 3. Tamaño de la distribución de partículas de acuerdo a la fuente de emisión (Ahuja et al., 1989; Houck et al., 1989, 1990). Tomado de Chow & Watson (1998).

