

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Contaminación antropogénica y su efecto en el suelo del
yacimiento minero Star Minig Company**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Ambiental**

Autor:

Bach. Jhojan Jims LUCAS JIMENEZ

Asesor:

Mg. Josué Hermilio DIAZ LAZO

Cerro de Pasco - Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Contaminación antropogénica y su efecto en el suelo del
yacimiento minero Star Minig Company**

Sustentada y aprobada ante los miembros de jurado

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA

PRESIDENTE

Dr. Eleuterio Andrés ZAVALETA SANCHEZ

MIEMBRO

Mg. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA

MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N°186-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**“CONTAMINACIÓN ANTROPOGÉNICA Y SU EFECTO EN EL
SUELO DEL YACIMIENTO MINERO STAR MINIG COMPANY”**

Apellidos y nombres del tesista:

Bach. LUCAS JIMENEZ, Jhojan Jims

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. DÍAZ LAZO, Josué Hermilio

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

15 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 9 de setiembre del 2024



Firmado digitalmente por MEJIA
CACERES Reynaldo FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 09.09.2024 01:45:00 -05:00

DEDICATORIA

A mi venerable y adorada abuela Eda Barrera Guerra y a mi respetable abuelo Román Jiménez Tapia, a ellos como agradecimiento a su amor y apoyo incondicional, a mis hermanos, espero que sigan la misma senda del éxito, culminen sus estudios y ser grandes para la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todos los docentes de la **Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de Pasco**. Esta gran alma mater no solo me ha brindado una formación de excelencia, sino también un apoyo invaluable a lo largo de mi trayectoria académica. Su dedicación, esfuerzo y compromiso han sido fundamentales en mi desarrollo profesional y personal.

Gracias por compartir sus conocimientos, por su orientación constante y por haber contribuido de manera significativa a mi formación como ingeniero/a ambiental. Llevaré siempre con orgullo los valores y enseñanzas adquiridos en esta institución.

RESUMEN

El proyecto de investigación está ubicado en el paraje LlanucanCHA - Chiric, en la región de Pasco. Se encuentra en la circunscripción político-administrativa del distrito de Tíclacayan, Provincia de Pasco, en las tierras comunales de las Comunidades Campesinas (C.C.) de Tíclacayan y Pucurhuay. La divisoria continental es adyacente al proyecto; toda el agua que drena del área del proyecto fluye al sistema del río Huallaga y Perene, tributario del Amazonas. La topografía varía entre los 4 200 y los 4 550 m.s.n.m.

La compañía minera Star Mining Company N° 3 (SMC N°3) se encuentra ubicado en el distrito de Tíclacayan, provincia y departamento de Pasco a 61.7 Km. de la ciudad de Cerro de Pasco.

El yacimiento minero contiene minerales de Cu como minerales de mena principales, así como es la; bornita, calcopirita o calporita, etc., y como minerales de ganga a la; cuprita, malaquita, etc.

Con el estudio antropogénico se pudo identificar en el área de influencia directa y en el área de influencia indirecta que se evita la contaminación ambiental de impactos ambientales negativos ya que en su estudio de impacto ambiental del yacimiento se identificó impactos ambientales negativos y positivos, antes, durante y después de la operación minera, considerando en mencionado estudio la mitigación de los impactos negativos en los diferentes componentes ambientales, como son el agua, aire, suelo, flora, fauna, socio económico y de interés humano.

Se realizó la identificación de impactos ambientales negativos en el suelo con una revisión horizontal en el área de influencia directa y en el área de influencia indirecta. Donde se identificó que la contaminación antropogénica por la actividad minera es casi nula, ya que el mineral explotado es llevado a las plantas metalúrgicas de Yacutínco que está ubicado en Macchan y Huari la Oroya, la primera planta está ubicado a unos 50 Km. de la mina SMC y la segunda planta está ubicado a 170 Km.,

del yacimiento minero. Donde ambas plantas también cuentan con sus respectivos Estudios de Impacto Ambiental (EIA).

El aire con la explotación minera no se ve afectado ya que la explotación minera se realiza a minado, el agua superficial y subterráneo no se ve afectado ya que en el yacimiento no se procesa el mineral, la flora y la fauna también no se ve afectado porque la explotación es a minado. El componente ambiental socio económico también no se encuentra impactado negativamente ya que la comunidad más cercana que es Chiric se encuentra a unos 5 Km., del yacimiento y la otra comunidad de Tomaconga se encuentra ubicado a unos 10 Km. del yacimiento minero. No observándose población en el área de influencia directa. Y en el área de influencia indirecta la contaminación ambiental ocasionado por la mina es nula ya que el mineral es tratado en plantas metalúrgicas que están ubicado muy distantes del yacimiento minero SMC.

El suelo del yacimiento si se encuentra parcialmente contaminado por la explotación a minado ya que se tuvo que alterar el suelo donde se abrió los socavones mineros para su explotación. Y se alteró algunas áreas para el depósito del desmonte y del mineral para ser trasladado a las plantas metalúrgicas ubicados a gran distancia del lugar de explotación minera.

Los residuos sólidos y aguas residuales que podrían ocasionar contaminación antropogénica son controlados el primero los Residuos Sólidos (RRSS) son tratados en zanjas donde se depositan los RRSS, estas zanjas son considerados como celdas transitorias y lagunas residuales o las aguas de sedimentos totales y fecales son tratado en silos, donde estos silos son utilizados como letrinas.

Palabras claves: Antropogénica y vetas.

ABSTRACT

The research project is located in the Llanucancha - Chiric area, in the Pasco region. It is located in the political-administrative constituency of the district of Ticlacayan, Pasco province, on the communal lands of the peasant communities (C.C.) of Ticlacayan and Pucurhuay. The Continental Divide is adjacent to the project; All water that drains from the project area flows to the Huallaga and Perene river system, a tributary of the Amazon. The topography varies between 4,200 and 4,550 meters above sea level.

The mining company Star Mining Company No. 3 (SMC No. 3) is located in the district of Ticlacayan, province and department of Pasco, 61.7 km from the city of Cerro de Pasco.

The mining deposit contains Cu minerals as main ore minerals as well as; bornite, chalcopyrite or calporite, etc., and as gangue minerals; cuprite, malachite, etc.

With the anthropogenic study, it was possible to identify in the area of direct influence and in the area of indirect influence that environmental contamination of negative environmental impacts is avoided due to the environmental impact study of the site, negative and positive environmental impacts were identified, before during and after the mining operation, considering in the aforementioned study the mitigation of negative impacts on the different environmental components, such as water, air, soil, flora, fauna, economic partner and human interest.

The identification of negative environmental impacts on the soil was carried out with a horizontal review in the area of direct influence and in the area of indirect influence. Where it was identified that anthropogenic contamination from mining activity is almost null, since the mineral exploited is taken to the Yacutinco metallurgical plants, which are located in Macchan and Huari la Oroya, the first plant is located about 50 km from the SMC mine and the second plant is located 170 km from the mining site. Where both plants also have their respective Environmental Impact Studies (EIA).

The air with the mining exploitation is not affected as the mining exploitation is carried out by mining, the surface and underground water is not affected due the mineral is not processed in the deposit, the flora and fauna are also not affected because the exploitation is by mining. The socio-economic environmental component is also not negatively impacted due the closest community, Chiric, is located about 5 km from the deposit and the other community of Tomaconga is located about 10 km away of the mining site. No population is observed in the area of direct influence. And in the area of indirect influence, the environmental pollution caused by the mine is null due the mineral is treated in metallurgical plants that are located very far from the SMC mining site.

The soil of the deposit is partially contaminated by the mining exploitation due the soil where the mining shafts were opened for exploitation had to be altered. And some areas were altered for the deposit of the waste and ore to be transferred to the metallurgical plants located at a great distance from the mining exploitation site.

Solid waste and waste water that could cause anthropogenic contamination, they are controlled. First solid waste is treated in ditches where the RS is deposited. These ditches are considered as transitory cells and wastewater or total sediment and fecal water are treated in cilos., where these silos are used as latrines.

Keywords: Anthropogenic and lodes.

INTRODUCCIÓN

La Compañía Minera STAR MINING COMPANY N.º 3 se encuentra en el paraje de LlanucanCHA, perteneciente al anexo de Chiric, en el distrito de Ticslacayan, provincia y departamento de Pasco. La concesión minera abarca una extensión de 100 hectáreas delimitadas.

Para iniciar la etapa de investigación, es esencial comparar las características ambientales de la zona con los posibles impactos ambientales que podrían derivarse de las actividades del proyecto. Los resultados de este análisis permitirán integrar en la estrategia operativa las acciones necesarias para prevenir o mitigar los posibles impactos ambientales identificados a lo largo del proceso de evaluación del estudio.

El yacimiento cuenta con un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), que incluye el inventario ambiental, la identificación de impactos tanto positivos como negativos, así como planes de mitigación, contingencia, costos y beneficios. Estos estudios abordan todos los componentes ambientales en conformidad con las normativas vigentes en materia ambiental.

En el análisis del área de influencia directa e indirecta, se ha determinado que la explotación del yacimiento de SMC no genera contaminación antropogénica significativa en los diferentes componentes ambientales. Esto se debe a que los minerales extraídos se transportan a plantas metalúrgicas situadas lejos del lugar de explotación. Además, los niveles de contaminación en el suelo son prácticamente nulos, gracias a un estricto control de los residuos sólidos y de las aguas residuales, que son tratadas según los más altos estándares ambientales.

La explotación del yacimiento minero SMC, es a minado donde se puede observar que la explotación minera a minado causa menos contaminación ambiental que una explotación a cielo abierto. En minado solamente se altera el suelo afectando solamente una pequeña área donde se va abrir el socavón, más al contrario en una explotación a tajo abierto se afecta toda el área en grandes extensiones donde se va

explotar el mineral que generalmente es en grandes extensiones de terreno superficial donde se encuentran los minerales económicos.

El estudio se ha estructurado en cuatro capítulos:

El capítulo I, Problema de investigación.

El capítulo II, Marco teórico.

En el capítulo III, Metodología y técnicas de investigación.

En el capítulo IV, Presentación de resultados.

Finalmente, las conclusiones y recomendaciones con anexos.

INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
INDICE	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.3. Formulación del problema.....	3
1.3.1. Problema general.....	3
1.3.2. Problemas específicos	3
1.4. Formulación de Objetivos.	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos.	3
1.5. Justificación de la investigación	3
1.6. Limitaciones de la investigación.....	6

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio	7
2.2. Bases teóricas - científicas.	16
2.2.1. El suelo	16
2.2.2. Textura del suelo.....	17
2.2.3. Contaminación del suelo	18
2.2.4. Contaminantes inorgánicos en el suelo.....	20
2.2.5. Procedencias de los contaminantes como resultado de la minería.....	21

2.3.	Definición de términos básicos	24
2.4.	Formulación de la hipótesis	29
2.4.1.	Hipótesis general	29
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	29
2.5.	Identificación de las variables	30
2.5.1.	Variable independiente.....	30
2.5.2.	Variable dependiente	30
2.6.	Definición Operacional de variables e indicadores.....	30

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1.	Tipo de Investigación	31
3.2.	Nivel de investigación	31
3.3.	Métodos de investigación	32
3.4.	Diseño de investigación	33
3.5.	Población y muestra	33
3.5.1.	Población	33
3.5.2.	Muestra.....	33
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
3.7.	Técnicas de procedimiento y análisis de datos	34
3.8.1.	Técnicas e instrumentos de la investigación	34
3.8.2.	Análisis de datos	34
3.8.	Tratamiento estadístico.....	35
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	35

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	36
4.1.1.	Identificación del Área de Estudio	36
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	49

4.3. Prueba de Hipótesis.....	51
4.4. Discusión de resultados.....	51
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de Operacionalización de las variables	30
Tabla 2: Principales condiciones Climatológicas que caracterizan al área del proyecto. Los registros de temperatura de algunas estaciones son utilizados para determinar el promedio de temperatura aproximado y los rangos de temperatura.....	37
Tabla 3: Cuenca del Río Perene con Respecto al Proyecto	39
Tabla 4: Cuenca del Río Huallaga con Respecto al Proyecto.....	39
Tabla 5: Resultados de los elementos analizados en el suelo de Ticlacayan a inicio de realizar Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la compañía minera Star Mining Company N° 3.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Perfil del suelo	17
Figura 2: Representación del análisis de los suelo de Tíclacayan a inicio de realizar Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la compañía minera Star Mining Company N° 3.	51

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

El suelo es un recurso fundamental para la salud de las personas, los animales y las plantas que dependen de él, además de ser clave para el desarrollo económico y social de las comunidades. Aunque la Constitución Política de Perú del 1992, reconoció su importancia, la falta de una inclusión sólida del tema en la agenda pública local ha generado vacíos normativos. Estos vacíos dificultan tanto el control estatal sobre la protección y conservación del suelo como la implementación sistemática de acciones para monitorear y evaluar su calidad y los impactos en la salud y la economía regional. En el contexto internacional, ya se han desarrollado modelos matemáticos validados que aún no se han implementado adecuadamente, incluso en zonas productivas donde el riesgo de afectación del suelo es alto.

El Estado Peruano, en la constitución política en el Artículo 66.- Recursos Naturales: Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal., define la contaminación como cualquier alteración del ambiente

causada por sustancias o formas de energía introducidas por actividades humanas o naturales, en cantidades o concentraciones capaces de afectar el bienestar y la salud humana, amenazar la flora y fauna, y degradar la calidad ambiental. Dos actividades humanas que generan contaminación química y cambios físicos en el suelo son la agricultura y la minería, prácticas que han coexistido durante años en diversas zonas de nuestro país. Esto subraya la necesidad urgente de identificar los contaminantes responsables de la degradación física y química del suelo, los cuales podrían haberse acumulado en concentraciones tóxicas para la vida humana, animal y vegetal.

El suelo del yacimiento minero Star Mining Company presenta una ligera contaminación por minerales de cobre, característicos del yacimiento, mientras que la contaminación de los demás componentes ambientales es mínima, dado que la explotación minera se encuentra aún en la fase de exploraciones geológicas.

La intoxicación por cobre en humanos es rara, especialmente en personas sanas. Sin embargo, una ingesta excesiva de este mineral puede ser perjudicial, provocando daños hepáticos, dolor abdominal, calambres, náuseas, diarrea y vómitos.

En el área de influencia directa del proyecto no se encuentran viviendas. En el área de influencia indirecta, se sitúa la comunidad de Tomaconga, aproximadamente a 5 km al noroeste del yacimiento, y el poblado de Chiric, a unos 3 km al noreste. Los habitantes de estas zonas se dedican principalmente a la ganadería y agricultura.

1.2. Delimitación de la investigación

El estudio se realizó en el proyecto de la explotación Minera está ubicada dentro de los límites de la Concesión Minera "SMC - 3" de 100 Has, ubicada en la zona Llanucancho - Chiric Distrito de Ticslayán, en el Departamento de Pasco a una altitud de 4 360 msnm. En este lugar no tiene acceso a vehículos,

esto significa que no se generan impactos ambientales asociados al movimiento de suelo, erosión de taludes, migración de pobladores foráneos que caracterizan a las operaciones de mayor magnitud en la Minería.

1.3. Formulación del problema.

1.3.1. Problema general

¿Cuáles son los factores que determinan la identificación del origen de la contaminación del suelo de la presencia de cobre debido al aprovechamiento del yacimiento minero Star Minig Company?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son los factores relacionados con la roca madre que determina la presencia de cobre en los suelos?
- b. ¿Cuáles son los procesos de la actividad minera que determinan la presencia del cobre en el suelo?

1.4. Formulación de Objetivos.

1.4.1. Objetivo general

Evaluar los factores que determinan la identificación del origen de la contaminación del suelo de la presencia de cobre debido al aprovechamiento del yacimiento minero Star Minig Company.

1.4.2. Objetivos específicos.

- a. Evaluar los factores relacionados con la roca madre que determina la presencia de cobre en los suelos
- b. Evaluar son los procesos de la actividad minera que determinan la presencia del cobre en el suelo.

1.5. Justificación de la investigación

La justificación para la afirmación sobre la contaminación en el yacimiento minero Star Mining Company se basa en varios factores clave:

A. Justificación Teórica:

La comunidad campesina ubicada en la zona LlanucanCHA - Chiric distrito de Tíclacayán, ha tenido una larga tradición minera, tanto formal como informal, que ha dejado importantes impactos ambientales negativos a lo largo de los años. Estos daños ocurrieron antes de que se implementara la actual legislación ambiental para el sector minero. Como resultado, los pasivos ambientales han deteriorado la calidad del agua, el suelo y el aire. Por ello, es crucial investigar si la presencia de cobre en el suelo es una característica natural de la roca madre o si su origen se debe a las actividades mineras extractivas llevadas a cabo en la región.

La presente investigación analiza métodos secuenciales o alternativos para determinar el origen del arsénico en el suelo. Además, se busca comprender su caracterización y cómo se moviliza en los diferentes perfiles de suelo en la zona de Llacubamba, con el fin de evaluar los posibles efectos sobre la salud de los habitantes.

B. Justificación Práctica:

El cobre en el suelo representa un riesgo considerable ya que puede actuar como depósito del contaminante, integrándose en los procesos geoquímicos y causando alteraciones en los ecosistemas. Además, puede afectar directamente la salud de las personas. Este elemento químico se acumula en partículas finas del suelo y puede ingresar al organismo humano a través de la piel o la inhalación de material particulado. La preocupación principal es que el cobre es absorbido por cultivos, especialmente tubérculos como rábanos, camotes y zanahorias, que tienen alta capacidad de bioacumulación. Esto permite que el cobre ingrese en la cadena alimentaria, lo que subraya la importancia de analizar la calidad del suelo en relación con la presencia de este contaminante químico.

C. Fase de Exploración

El proyecto minero se encuentra en una etapa inicial de exploraciones geológicas, lo que significa que las actividades extractivas y de gran escala aún no han comenzado. Esto limita significativamente el impacto ambiental, ya que durante esta fase las perturbaciones en el suelo y otros componentes ambientales son mínimas. La contaminación identificada es principalmente debido a la presencia natural de minerales de cobre en el yacimiento, lo cual es común en zonas de exploración minera.

D. Contaminación por Cobre:

La ligera contaminación en el suelo por minerales de cobre es un fenómeno esperado en áreas mineras. Dado que el cobre es uno de los minerales presentes en el yacimiento, su transferencia al suelo es inevitable, aunque en niveles bajos durante la fase de exploración. Este nivel de contaminación es gestionable y puede ser mitigado con técnicas adecuadas de control ambiental.

E. Efectos del Cobre en la Salud Humana

Aunque la intoxicación por cobre en humanos es poco frecuente, se reconoce que la exposición prolongada o en grandes cantidades puede tener efectos adversos para la salud, como daños hepáticos, dolor abdominal, calambres, náuseas y vómitos. Estos riesgos refuerzan la necesidad de monitorear y controlar los niveles de cobre en el entorno, especialmente en áreas cercanas a actividades mineras. Sin embargo, dado que la contaminación es ligera y la exposición directa es mínima, los riesgos para la salud en este caso son bajos.

F. Distancia a las Comunidades

En cuanto al área de influencia directa, no existen viviendas cercanas al yacimiento, lo que reduce significativamente el riesgo de exposición directa de las personas a los minerales del suelo. Las comunidades más cercanas,

Tomaconga y Chiric, se encuentran a una distancia considerable (5 km y 3 km, respectivamente), lo que minimiza aún más cualquier impacto ambiental sobre sus habitantes. Además, al estar las actividades mineras aún en exploración, no hay una afectación significativa de las tierras agrícolas ni ganaderas, que son las principales actividades económicas de los pobladores.

1.6. Limitaciones de la investigación.

En la observación horizontal del suelo no hubo problemas porque las anomalías secundarias del yacimiento se pueden observar fácilmente.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

A. Antecedente a nivel internacional

Opekunova, Somov, & Papyan (2017), se discuten los resultados de los estudios a largo plazo sobre el contenido de metales (Cu, Zn, Fe, Ni, Pb, Mn, Co y Cd) y sus compuestos móviles en los suelos de las zonas de mineralización mixta de cobre y zinc de Krasnoural'sk-Sibai-Gai y Baimak-Buribai en la región transural de Bashkir. Se demuestra que los suelos de la región se caracterizan por contenidos totales naturales anormalmente altos de metales pesados (HM) tipomórficos para la mineralización de menas: Cu, Zn y Fe en la provincia de Sibai y Cu, Zn y Ni en la provincia de Baimak. En el caso de la escasa profundidad de las menas, las concentraciones de HM en los suelos se aproximan o superan los valores provisionales de concentración permitidos. Las concentraciones de compuestos HM móviles en los suelos de las zonas de fondo y su porcentaje en el contenido total de HM varían fuertemente de un año a otro en función de las condiciones meteorológicas, la posición en las catenas del suelo, la composición de especies de la vegetación y la distancia a la fuente de contaminación tecnogénica. La elevada variabilidad natural del contenido

de compuestos HM móviles en los suelos complica la determinación fiable del fondo geoquímico regional y hace necesaria la estimación anual de los parámetros de fondo a efectos del seguimiento ecológico de los suelos. El contenido global de Cu y Zn en los suelos cercanos a las empresas mineras supera entre 2 y 12 veces los valores geoquímicos de fondo regionales y entre 2 y 4 veces las concentraciones tentativas permitidas de estos metales. La contaminación antropogénica provoca un fuerte aumento del contenido de compuestos HM móviles en los suelos. Sus concentraciones más elevadas superan las concentraciones máximas permitidas en 26 veces para el Cu, 18 veces para el Zn y 2 veces para el Pb. La contaminación del suelo en la zona de impacto de las empresas mineras es extremadamente peligrosa o nociva. Sin embargo, debido a la gran variabilidad temporal en la migración y acumulación de HM en los suelos, al reciente descenso de las actividades de extracción de mineral y a la construcción de instalaciones de depuración, no se han encontrado tendencias temporales definidas en los contenidos de HM en los suelos de la región estudiada para el periodo comprendido entre 1998 y 2015.

Kostarelos, y otros (2015), concluyen que en la Unión Europea no existen directrices en forma de Directiva uniforme sobre el suelo y los Estados miembros tienen que promulgar su propia legislación sobre la contaminación histórica del suelo. En Chipre, un Estado miembro de la UE con una larga historia minera y un número significativo de explotaciones abandonadas, existen varios emplazamientos históricos o «heredados». La planta de enriquecimiento de oro y plata del pueblo de Mitsero se abandonó hace 70 años, pero las muestras de suelo del interior y el exterior de la planta presentaban un pH extremadamente bajo, una elevada lixiviabilidad de metales pesados y altos niveles de cianuro. Las muestras de agua recogidas en un arroyo efímero situado aguas abajo del emplazamiento

contenían altos niveles de metales pesados. Se investigaron dos minas a cielo abierto abandonadas (Kokkinopezoula y Mathiatis), en las que se midió un elevado contenido de metales en muestras de suelo de los arroyos y escombreras circundantes, y un pH extremadamente bajo y un alto contenido de metales en muestras de agua del cráter de la mina.

García Giménez & Jiménez Ballesta (2017), concluyen que el contenido potencialmente peligroso de los estériles mineros puede suponer una grave amenaza para el medio ambiente. Se estudiaron los estériles dispersos alrededor de la mina abandonada Mónica (Bustarviejo) en la Comunidad Autónoma de Madrid (España central) para determinar la concentración de varios elementos tóxicos potenciales y su impacto geoquímico en los suelos circundantes. Se recogieron un total de 17 muestras de suelos superficiales, tanto de estériles mineros de sulfuros mixtos como de suelos no explotados, en un radio de 1900 m desde la entrada de la mina. El procesamiento de los minerales (básicamente arsenopirita, matildita y esfalerita) produjo estériles con un pH tan bajo como 2,9. Elementos como As, Cu, Zn, Cd, Pb, W, Ag, Fe se encontraban en concentraciones muy elevadas, contaminando el suelo en diversos grados (estos elementos eran a veces de 10 a 20 veces más elevados en los estériles que en los suelos no explotados). Dada su escasa distancia y accesibilidad a una ciudad tan grande como Madrid, su interés medioambiental y educativo es innegable. Entre otros factores, es necesario mejorar las estrategias de gestión de los estériles.

Fazekašová, y otros (2021), el estudio se centra en la evaluación de la contaminación del suelo en zonas agrícolas problemáticas de Eslovaquia. Los principales factores contaminantes incluyen vertederos, minas abandonadas, sitios industriales, escombros y estanques de lodo, los cuales representan una amenaza ambiental significativa.

El estudio analiza diez elementos de riesgo (Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Cr, Pb, Cd y Hg) en nueve sitios de investigación en la región agraria eslovaca. Utilizando técnicas como la espectrometría de absorción atómica (AAS) y diferentes índices de contaminación (Índice de geoacumulación, factor de enriquecimiento, factor de contaminación y grado de contaminación), se encontró que elementos como el níquel y el cadmio exceden los límites permitidos de forma alarmante.

El artículo destaca que los sitios estudiados, particularmente cerca de un vertedero de fundición de níquel y minas antiguas, presentan un peligro grave no solo para el suelo, sino también para el agua subterránea y la biota, debido a la alta movilidad de estos elementos tóxicos. La investigación aporta información clave para desarrollar estrategias de control y remediación de estas áreas contaminadas.

Kulikova, y otros (2019), el estudio tuvo los objetivos de investigar la presencia y distribución de mercurio total (Hg) y otros oligoelementos de interés medioambiental, como arsénico (As), cobre (Cu), cromo (Cr), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb), zinc (Zn) y vanadio (V), en suelos de la mina de cinabrio abandonada de Merník, en el este de Eslovaquia. Para ello, se recogieron treinta muestras de suelo de dos intervalos de profundidad dentro de la zona de la mina (n = 60 muestras de suelo) y otras dieciséis muestras de suelo de zonas adyacentes (n = 25 muestras de suelo). El Hg total se midió mediante espectrometría de absorción atómica, mientras que el As y otros metales se analizaron mediante espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente. Sólo se observaron concentraciones elevadas de mercurio (> 100 mg/kg con un máximo de 951 mg/kg) en suelos superficiales próximos a escombreras y pozos de residuos mineros. Por lo demás, las concentraciones de Hg en la mayoría de los suelos superficiales eran más bajas (0,14-19,7 mg/kg),

aunque superiores a las de los suelos recogidos fuera de la zona de la mina (0,19-6,92 mg/kg) e incluso considerablemente superiores a las de los suelos de los lugares no influidos por la mina de Merník. Como nuestros datos geoquímicos son de naturaleza composicional, se trataron mediante análisis de datos composicionales (CoDA). El análisis robusto de componentes principales (RPCA) aplicado a los datos centrados (clr) transformados log-ratio y el análisis de correlación de las partes composicionales basado en balances simétricos distinguieron muy bien las distintas fuentes de origen de los elementos químicos. Se identificaron las tres asociaciones de elementos siguientes Asociación Hg con fuente principal en minería/torrefacción, asociación Cr-Ni derivada de roca madre y asociación As-Cu-Mn-Pb-Zn-V (fondo natural y sulfuros/sulfosales menores en rocas mineralizadas). Los valores del índice de geoacumulación y del factor de enriquecimiento sugerían que las concentraciones de Hg en los suelos estaban influidas por las actividades industriales humanas.

B. Antecedente a nivel nacional

Bech, y otros (1997), mencionan que en la actualidad se dispone de muy poca información sobre el impacto ambiental o la biogeoquímica de los emplazamientos mineros en América Latina. Aquí presentamos resultados preliminares sobre la contaminación de suelos y plantas alrededor de una mina de cobre en los Andes del norte de Perú. Se tomaron muestras de plantas y suelos en seis emplazamientos de baja (S1) a alta fitotoxicidad (S6); se analizaron las muestras para determinar las concentraciones de As y metales pesados. Se utilizó un análisis de regresión múltiple por pasos para determinar los factores del suelo que influían significativamente en la disponibilidad de As y metales. Las elevadas concentraciones de As y Cu en los extractos del suelo (acetato de amonio-EDTA), además del bajo pH

y la alta disponibilidad de Al, parecen ser los factores edáficos más importantes que limitan el rendimiento de las plantas en torno a los ratones. Un alto contenido en materia orgánica favoreció la extractabilidad de Cu y Al. No obstante, la fitotoxicidad fue más intensa en los lugares con bajas concentraciones de materia orgánica. Se detectaron concentraciones inusualmente elevadas de As y metales en las hojas de algunas especies (por ejemplo, en *Bidens cynapiifolia* hasta 1430 µg/g de peso seco. As, 437 Zn, 620 Cu, 6510 Al y 5,7% Fe), mientras que otras (por ejemplo, *Eriochloa ramosa*) restringieron más eficazmente el transporte de metales a los brotes. Estas especies vegetales parecen interesantes para futuras investigaciones tanto sobre los mecanismos de tolerancia a los metales como sobre la revegetación de suelos contaminados en los numerosos yacimientos mineros situados a gran altitud en las regiones ecuatoriales. Esta mina se encuentra ubicada en el distrito de Uchumayo, provincial de Arequipa. Produce cobre y molibdeno. 240,000 toneladas métricas por día. Para controlar su contaminación antropogénica tienen su Estudio de Impacto Ambiental.

Yacoub, Pérez Foguet, Valderrama, & Miralles (2014), las repercusiones medioambientales de las actividades mineras son motivo de preocupación en todo el mundo. Se realizó una evaluación ambiental a nivel de cuenca debido a la minería generalizada en Cajamarca, en el norte de Perú. Se desarrolló un programa de monitoreo de sedimentos en la cuenca del Jequetepeque, ubicada en Cajamarca. Un total de 16 sitios fueron monitoreados en tres momentos diferentes entre junio de 2009 y julio de 2010, y un total de 42 muestras fueron recolectadas. Todas las muestras fueron analizadas por digestión por microondas y por un esquema de extracción secuencial siguiendo el protocolo de tres etapas de la Oficina de Referencia de la Comunidad Europea (BCR de tres etapas). La movilización

de oligoelementos desde los sedimentos a la columna de agua se evaluó mediante el código de evaluación de riesgos (RAC). La distribución espacial y temporal de los oligoelementos se evaluó mediante el análisis de componentes principales y el análisis jerárquico de conglomerados. Cd, Zn, As y Pb mostraron las concentraciones más elevadas independientemente de la estación del año. En particular, la concentración y movilidad del Cu aumentaron durante la estación húmeda en todas las muestras. Además, la concentración y movilidad del Hg aumentaron durante la estación húmeda cerca de las minas. Según el factor de enriquecimiento, los mayores enriquecimientos de Cd, Zn, Pb y As estaban relacionados con la escorrentía de la mina. El efecto de los oligoelementos cerca de los yacimientos mineros de la cuenca del Jequetepeque se consideró una amenaza importante para el medio ambiente debido al Cd, Zn, Pb y As, y las concentraciones de Cu y Hg también se consideraron preocupantes. Este trabajo establece una base de referencia para el estado de la calidad ambiental de la cuenca del Jequetepeque que puede servir de apoyo a la gestión de la calidad del agua en Perú.

Custodio, y otros (2020) La contaminación del agua con metales pesados es una gran preocupación ambiental debido a la actividad humana, especialmente en zonas donde la minería es intensa. Esto afecta el acceso al agua potable, un derecho humano esencial. Un estudio en los Andes Centrales de Perú evaluó el riesgo de exposición a metales pesados y arsénico en ríos influenciados por la minería. Se analizaron muestras de agua de siete ríos en 63 sitios, midiendo los niveles de cobre (Cu), hierro (Fe), plomo (Pb), zinc (Zn) y arsénico (As) mediante técnicas de laboratorio. Se agruparon los puntos de muestreo en cuatro categorías basadas en similitudes químicas, y se usaron técnicas estadísticas para simplificar la relación entre los elementos contaminantes. Se encontró que el hierro, el

zinc y el arsénico predominaban en los ríos Mantaro, Cunas y Chía. El riesgo fue evaluado tanto para niños como para adultos, revelando que los niños y adultos presentaban un alto nivel de peligrosidad por ingerir el agua contaminada.

El índice de peligrosidad para todos los metales superaba el umbral seguro en muchos ríos, indicando que tanto los niños como los adultos en el 43% de los ríos estudiados estaban en riesgo de sufrir efectos adversos para la salud, y en un 14% de los casos, el riesgo era especialmente alto. Además, se encontró que el riesgo de desarrollar cáncer debido a la ingesta de estos metales variaba de medio a alto en niños, y de bajo a alto en adultos.

Santos Francés, Martínez Graña, Alonso Rojo, & García Sánchez (2017), en este estudio se analizaron las concentraciones de siete metales pesados (cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo y zinc) y un metaloide (arsénico), además de parámetros como el pH, el carbono orgánico, el análisis granulométrico y la capacidad de intercambio catiónico en 77 muestras de suelo recolectadas en áreas mineras de La Zanja y Colquirrumi (Cajamarca) y Julcani (Huancavelica), en Perú. Se establecieron valores de referencia geoquímicos para los metales pesados en la región natural de La Zanja, a partir de muestras tomadas en 2006, al inicio de la explotación de una mina de oro.

Los valores de referencia propuestos fueron: 8.26 mg/kg para Cr, 56.97 mg/kg para Ni, 22.20 mg/kg para Cu, 47.42 mg/kg para Zn, 27.50 mg/kg para As, 4.36 mg/kg para Cd, 4.89 mg/kg para Hg y 44.87 mg/kg para Pb. Con el uso de diferentes índices de contaminación (índice de geoacumulación, índice mejorado de Nemerow e índice de riesgo ecológico potencial), se determinó el grado de polución generado por las actividades mineras en las regiones de Colquirrumi y Julcani, que tienen una alta densidad de sitios mineros en operación. Los resultados indicaron que

Colquirrumi era la región más contaminada, seguida por Julcani, mientras que La Zanja, a pesar de no tener minería activa, mostraba una contaminación difusa leve.

También se observaron correlaciones significativas entre el pH, el contenido de carbono orgánico, la capacidad de intercambio catiónico y las concentraciones de cromo, plomo y níquel en los suelos. Para visualizar la distribución espacial de los metales pesados, se utilizó el método de interpolación por kriging ordinario. Los resultados y la experiencia obtenida en este trabajo son útiles para identificar procesos de contaminación en suelos de zonas altas de la Cordillera Occidental de los Andes, sirviendo de base para tomar medidas en la restauración de suelos durante el cierre de minas y proteger la calidad de los recursos del suelo.

C. Antecedente a nivel local

Diaz Lazo (2016), el estudio se centra en las áreas de mayor concentración de personas vulnerables a la intoxicación por plomo en la ciudad de Cerro de Pasco, debido a la contaminación del suelo en los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar. Cerro de Pasco es una zona mineralizada donde los habitantes se han asentado durante siglos. A lo largo de su historia, tanto en la época colonial como en la republicana, atrajo migrantes de diversas partes del mundo, y en su apogeo, la ciudad fue conocida como un importante centro comercial y minero.

El estudio identificó a personas especialmente vulnerables al plomo en las zonas de Paragsha, Ayapoto y Chaupimarca, como mujeres en edad fértil (15 a 45 años) y niños de 1 a 12 años, quienes viven en áreas con suelos contaminados. Se recolectaron 32 muestras ambientales que superaron los 1,200 ppm de plomo, con la concentración más alta registrada de 20,000 ppm en un camino cerca de los desmontes mineros.

También se tomaron 192 muestras biológicas, con la colaboración de un equipo del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de EE.UU., que evaluaron a niños y mujeres en edad fértil. Los resultados mostraron que el 53.3% de los niños y el 9.4% de las mujeres tenían niveles elevados de plomo en la sangre ($\geq 10 \mu\text{gPb/dL}$), lo que indica una prevalencia significativa de intoxicación por metales pesados.

Collyns (2024), describe el enorme cráter a cielo abierto parece a punto de devorar toda la ciudad. Al borde del gigantesco pozo minero Raúl Rojas, casas de adobe con techos de chapa metálica se tambalean peligrosamente. Este abismo, cercado con alambre de púas, se extiende casi 2 kilómetros y tiene una profundidad de 300 metros. Así luce el corazón de Cerro de Pasco, una ciudad peruana situada a más de 4,300 metros de altitud.

Sin embargo, para los habitantes de esta autodenominada capital minera de Perú, lo más preocupante no es la mina en sí, sino lo que no se ve a simple vista. Durante décadas, las 80,000 personas que viven en Cerro de Pasco han soportado altos niveles de contaminación por metales pesados, lo que ha afectado gravemente su salud y su porvenir. A pesar de la gravedad de la situación, la empresa minera sigue evitando su responsabilidad, mientras que las autoridades locales permanecen en gran medida inactivas.

2.2. Bases teóricas - científicas.

2.2.1. El suelo

El suelo es la capa externa de la tierra donde crecen las plantas. Proporciona los nutrientes esenciales que necesitan para desarrollarse y actúa como un almacén de agua de lluvia, liberándola poco a poco a las plantas según su necesidad. Las raíces de las plantas también obtienen del suelo el aire necesario para su supervivencia.

El suelo no solo se extiende en la superficie, sino también en profundidad, y está compuesto por varias capas llamadas horizontes, que se disponen de forma paralela a la superficie. Cada horizonte tiene características físicas y químicas diferentes, lo que le da una apariencia particular. El conjunto de estas capas forma lo que se conoce como el perfil del suelo, que se puede ver en cortes de caminos o barrancos.

Horizonte A

Es la capa más superficial, oscura y fértil, rica en raíces y es la que se utiliza para el cultivo.

Horizonte B

Está más abajo, es arcilloso, menos fértil y tiene menos raíces.

Horizonte C

Es la capa más profunda, con casi ninguna raíz presente.

Figura 1:

Perfil del suelo



2.2.2. Textura del suelo

La textura del suelo se define por la composición mineral que lo conforma, lo que da lugar a diferentes tipos de suelos, como los arenosos o los arcillosos.

Los suelos con mayor cantidad de arena permiten el paso del agua y el aire con facilidad, lo que los hace fáciles de trabajar. Son suelos ligeros y sueltos, pero tienen poca fertilidad.

En contraste, los suelos arcillosos son pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando se secan, lo que dificulta su manejo fuera de ciertos niveles de humedad. Aunque tienen malas características físicas, son los más ricos en nutrientes y se les conoce como suelos pesados.

Entre estos dos extremos existen muchas combinaciones posibles, dependiendo del porcentaje de arena, limo y arcilla presentes. Cuando estas tres fracciones están equilibradas, se habla de suelos francos, que combinan buenas propiedades físicas con una fertilidad adecuada (INIA, 2015).

2.2.3. Contaminación del suelo

El suelo es un recurso esencial para la vida, ya que sirve de base para todos los seres vivos y es una fuente clave de materias primas. A lo largo de la historia, la humanidad ha utilizado el suelo para desarrollar actividades como la agricultura, la industria y la construcción, mejorando así su calidad de vida. Además de ser un soporte físico, el suelo desempeña un papel crucial en el equilibrio de la biosfera, ya que actúa como un regulador natural que controla el movimiento de sustancias químicas entre el aire, el agua y los seres vivos.

A pesar de su importancia, el suelo no fue reconocido como un recurso ambiental relevante hasta tiempos recientes. Durante muchos años, se pensaba que tenía una capacidad casi ilimitada para limpiarse de forma natural. Sin embargo, esto comenzó a cambiar en la década de 1970 con la “Carta Europea de Suelos”, que subrayó la fragilidad del suelo y la necesidad de protegerlo de amenazas como la erosión, la contaminación y las prácticas agrícolas dañinas.

La cumbre de Río en 1992 marcó un hito en el reconocimiento de la necesidad de proteger el suelo en el marco de un desarrollo sostenible, en especial frente a la contaminación causada por actividades humanas.

La contaminación del suelo se refiere a la introducción de sustancias no deseadas o niveles excesivos de componentes naturales que causan efectos negativos en los organismos del suelo o pueden transferirse a otros ecosistemas. Esto puede llevar a la pérdida de la capacidad del suelo para regenerarse, afectando su función como biofiltro y alterando la diversidad de microorganismos. Además, puede disminuir la productividad agrícola y afectar la calidad de los cultivos, poniendo en riesgo la salud humana. La contaminación también puede propagarse a aguas subterráneas y superficiales, y convertir áreas afectadas en lugares inseguros para actividades recreativas.

Los contaminantes químicos presentes en el suelo, ya sean orgánicos o inorgánicos, pueden generar riesgos tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Estos contaminantes se agrupan según sus propiedades químicas, aunque no se incluyen los llamados contaminantes emergentes, ya que pueden abarcar diferentes categorías.

El comportamiento de estos contaminantes en el suelo, como su capacidad para quedarse retenidos o moverse hacia otros compartimentos ambientales, así como sus efectos sobre los organismos vivos, depende de las propiedades específicas del contaminante y del suelo. Identificar las fuentes de los oligoelementos es crucial para entender cómo se distribuyen los contaminantes y tomar decisiones informadas sobre su remediación.

La contaminación del suelo tiene un impacto a largo plazo en la salud humana, y la relación entre la exposición a estos contaminantes y el desarrollo de enfermedades es compleja. Existen varios factores que influyen, como los contaminantes específicos y las concentraciones a las que se está expuesto. Además, las vías de exposición son múltiples, ya que los contaminantes pueden afectar a los seres humanos a través de la inhalación, ingesta o absorción cutánea, y pueden provenir del suelo, polvo, agua o alimentos.

Otros factores que influyen en los efectos de la exposición incluyen las vulnerabilidades individuales, como el estado de salud preexistente, y la susceptibilidad de ciertos grupos, como fetos, recién nacidos y niños, que son más sensibles que los adultos. Asimismo, algunas comunidades están en mayor riesgo debido a sus costumbres, su situación socioeconómica o la proximidad a las fuentes de contaminación.

2.2.4. Contaminantes inorgánicos en el suelo

Este grupo de contaminantes incluye elementos o compuestos que provienen tanto de fuentes naturales (como las rocas madre) como de actividades humanas. Entre los principales contaminantes inorgánicos están los oligoelementos, los radionúclidos y el amianto.

Los oligoelementos son elementos presentes en el medio ambiente en concentraciones muy bajas, pero que pueden ser tóxicos para los organismos. En este grupo se encuentran los metales pesados como el plomo, cadmio, cobalto, cobre, cromo, mercurio, estaño, níquel y zinc, así como no metales como el arsénico, antimonio y selenio. Estos elementos son persistentes y no pueden degradarse mediante procesos metabólicos. Se encuentran en diferentes formas, como sales, óxidos o en solución en el suelo, y su distribución entre el aire, agua y suelo depende de procesos químicos como la adsorción y la disolución, influenciados por el pH.

Los oligoelementos pueden tener un origen natural debido a la meteorización de las rocas, o ser liberados al medio ambiente por actividades humanas como la minería, la industria o el uso de fertilizantes y pesticidas. En algunos suelos, la concentración natural de estos elementos es alta debido a las características geológicas, pero la contaminación puede aumentar con la acción humana, afectando la salud de los ecosistemas y las personas.

Estos elementos se acumulan en los tejidos de los organismos vivos, y aunque algunos son esenciales en pequeñas cantidades (como el hierro, cobre

o zinc), en concentraciones elevadas resultan tóxicos. El zinc, níquel, cobalto y cobre son más dañinos para las plantas, mientras que el arsénico, cadmio, plomo, cromo y mercurio son más peligrosos para los animales y humanos. La exposición prolongada a estos elementos puede causar una variedad de enfermedades, desde problemas cardiovasculares y neurológicos hasta cáncer.

En particular, el arsénico, plomo y mercurio son tres de los oligoelementos más preocupantes. La exposición crónica al arsénico puede dañar la piel, el sistema respiratorio, y causar enfermedades cardiovasculares y neurológicas. El plomo es altamente tóxico, especialmente para los niños, afectando el desarrollo cognitivo, y también es una causa importante de enfermedades cardiovasculares en adultos. Por su parte, el mercurio es especialmente peligroso para el desarrollo de los bebés, ya que puede transmitirse a través de la placenta y la leche materna, afectando el desarrollo cerebral (FAO & PNUMA, 2022).

2.2.5. Procedencias de los contaminantes como resultado de la minería

La minería es una actividad esencial para el desarrollo económico y la mejora de la calidad de vida, ya que los recursos minerales son fundamentales para múltiples sectores productivos. Sin embargo, para que la explotación minera sea verdaderamente beneficiosa, es crucial que se realice de manera responsable y con medidas adecuadas para proteger el medio ambiente. Cuando no se adoptan estas precauciones, la minería se convierte en una fuente de contaminación y destrucción.

El problema no radica en la minería en sí, sino en la falta de equilibrio entre producción y protección ambiental. Según Alvarado (2017), los riesgos actuales provienen del crecimiento productivo sin las precauciones necesarias, lo que implica que la minería puede ser económicamente positiva, pero peligrosa si no se prioriza el respeto al entorno natural. Los Estados que se centran solo

en la producción, sin tomar en cuenta la conservación ambiental, ponen en peligro el equilibrio ecológico.

En Perú, en la legislación vigente, en el Título XIII del Código Penal, Capítulo I delitos de contaminación, en estos artículos del código penal establecen sanciones para quienes contaminan el medio ambiente violando leyes y regulaciones:

- Artículo 304: Delito de contaminación ambiental: Cualquier persona que, infringiendo leyes, reglamentos o límites permitidos, provoque descargas, emisiones de gases tóxicos, ruido, filtraciones, vertidos o radiaciones contaminantes en el aire, suelo, subsuelo o aguas (terrestres, marítimas o subterráneas), causando o pudiendo causar daños graves al ambiente, su calidad o a la salud ambiental, será penada con prisión de entre cuatro y seis años y una multa que puede ir de cien a seiscientos días-multa.

Si actúa por negligencia: Si la persona causó contaminación por descuido o imprudencia (culpa), la pena será menor, con prisión de hasta tres años o trabajos comunitarios de cuarenta a ochenta jornadas.

- Artículo 305: Circunstancias agravantes: La pena se incrementa a prisión de cuatro a siete años y una multa de trescientos a mil días-multa si el infractor:

Falsifica u oculta información sobre el acto contaminante, las cantidades o calidades de las descargas o emisiones, impidiendo el control por parte de las autoridades.

Obstruye o impide las actividades de fiscalización o auditoría ambiental ordenadas por la autoridad competente.

Actúa de manera clandestina en sus actividades contaminantes.

Consecuencias graves: Si la contaminación provoca lesiones graves o la muerte:

Lesiones graves: Pena de prisión de cinco a ocho años y una multa de seiscientos a mil días-multa.

Muerte: Pena de prisión de seis a diez años y una multa de setecientos cincuenta a tres mil quinientos días-multa.

Sánchez, Espinosa y Eguiguren (2016) argumentan que la minería puede generar problemas ambientales que, a su vez, desencadenan conflictos sociales. La gestión irresponsable de los desechos mineros es uno de estos conflictos que requiere solución urgente. Además, el sistema de propiedad de la tierra también influye en cómo se desarrollan estos conflictos, especialmente en comunidades indígenas que valoran su territorio bajo principios de vida sostenible como el Sumak Kawsay, un concepto defendido por muchos, pero que, en la práctica, no se ha respetado en la explotación minera, como critican Sánchez, Lelfsen y Versú (2017).

En Europa, la minería se convirtió en un pilar para la industria, aportando materias primas esenciales para la economía, lo que también impulsó el turismo y generó empleo (Cueto, 2016). No obstante, el crecimiento de la actividad minera también ha dejado un legado de contaminación, con vertederos y suelos industriales afectados por la minería y otros desechos tóxicos, como menciona Español (2012).

La globalización ha exacerbado estos problemas, integrando procesos económicos y tecnológicos a escala mundial. Según Bouzas (2015), la globalización implica un conjunto de transformaciones complejas que también afectan al medio ambiente. Por ello, es vital que tanto empresas pequeñas como grandes actúen de manera responsable hacia el entorno, no solo por las sanciones legales que puedan enfrentar, sino para asegurar la sostenibilidad del planeta y la vida en él.

2.3. Definición de términos básicos

A. Proyecto minero

Se refiere a la extracción selectiva de minerales y otros recursos de la corteza terrestre con el objetivo de obtener beneficios económicos. Según el tipo de material extraído, se clasifica en minería metálica, no metálica, y de piedras ornamentales o de construcción. Los métodos de extracción pueden ser a cielo abierto o subterráneos, dependiendo de factores geológicos, geométricos y económicos que influyen en la decisión.

B. El ciclo de vida de un proyecto minero

Incluye varias etapas: adquisición de concesiones, exploración y evaluación de recursos, estudios de factibilidad y planificación, construcción de infraestructuras, explotación, procesamiento de materiales, comercialización y, finalmente, el cierre de la mina, que implica la rehabilitación del terreno.

Las minas pueden ser de superficie, como en el caso de las minas a cielo abierto, o subterráneas, donde se extraen recursos a través de túneles. La minería subterránea se subdivide en la extracción de roca blanda, como el carbón, y de roca dura, que requiere explosivos.

C. Los proyectos mineros de gran escala

Como Tía María y Antapaccay, son ejemplos de inversiones significativas, que implican una extracción masiva de materiales, como el cobre, y que deben cumplir con estrictos requisitos de evaluación ambiental.

D. Certificación ambiental

Es emitida por las autoridades competentes para garantizar que el proyecto ha cumplido con los estándares necesarios para minimizar los impactos ambientales.

E. Exploración minera

La exploración minera es la primera etapa en la actividad extractiva, en la cual se busca identificar las áreas donde se encuentran yacimientos de minerales que, dependiendo de su tamaño y composición, podrían ser explotados más adelante. Esta fase comienza con el cateo, una inspección visual en la superficie para detectar indicios de minerales a partir de anomalías geológicas. Posteriormente, se realiza la prospección, en la cual se utilizan herramientas tecnológicas como imágenes aéreas, datos satelitales y técnicas geofísicas y geoquímicas para obtener información precisa sobre las propiedades y composición de las rocas. Los geólogos, mediante el uso de tecnología avanzada, analizan el terreno, las rocas y su contenido químico para evaluar si la explotación minera es viable. Estos estudios permiten determinar tanto la cantidad (reserva) como la calidad (ley) del mineral presente en el yacimiento.

F. Depósito

Se refiere a una porción de la corteza terrestre donde, a través de procesos geológicos, se han acumulado minerales útiles que pueden ser explotados de manera rentable.

G. Ley

Es el porcentaje de material valioso contenido en una muestra de roca mineralizada. Por ejemplo, si se habla de una ley del 1%, significa que de cada 100 kilogramos de roca, uno corresponde al material explotable (como cobre puro). Cuanto mayor sea la ley, más rentable es el proyecto minero.

H. Perforaciones o sondajes

Estas perforaciones, que pueden alcanzar hasta los 1200 metros de profundidad, permiten acceder a zonas inaccesibles desde la superficie. Se realizan para obtener muestras que son analizadas por los geólogos.

Existen dos técnicas comunes: la perforación con recuperación de testigos o diamantina, que extrae cilindros de roca de entre 2 y 5 pulgadas de diámetro; y la perforación con recuperación de detritos o aire reverso, que fragmenta la roca en pedazos de hasta 1 cm.

I. Concesión minera

Es un conjunto de derechos y deberes otorgados por el Estado, que permite a una persona o entidad realizar actividades de exploración y explotación de recursos minerales en un área determinada. Según la Ley de Minas, esta concesión confiere al titular el derecho exclusivo sobre los minerales que se encuentren en la zona concedida.

J. Licencia social

Se refiere a la aceptación de las empresas mineras y sus proyectos por parte de las comunidades locales y otros grupos interesados. Para obtener esta aceptación, las empresas deben mantener relaciones de respeto, transparencia y diálogo abierto con las comunidades afectadas. Sin embargo, en la práctica, algunas compañías consiguen la licencia social a través de acuerdos con ciertos representantes de la comunidad, lo que a veces genera desconfianza por falta de transparencia.

K. Explotación minera

Es la etapa en la que se extraen los minerales de la tierra. Sin embargo, el mineral extraído no siempre es comercializable, ya que suele contener impurezas y rocas sin valor. Por ello, se somete a diversos procesos físicos, químicos o fisicoquímicos para separar las partes valiosas. Los principales pasos de la explotación incluyen: la extracción del mineral, su procesamiento para liberar y concentrar las partículas metálicas, la fundición para separar los metales y la refinación para purificarlos y convertirlos en productos de valor industrial.

L. Lixiviación

Es un proceso hidrometalúrgico mediante el cual se disuelve un mineral en una solución para luego recuperarlo en etapas posteriores, como la electrólisis. Este método es aplicable principalmente a minerales oxidados, que son más susceptibles de ser atacados por ácidos. En la lixiviación del cobre, por ejemplo, se utiliza una solución de ácido sulfúrico (H_2SO_4).

M. Impacto de la minería

Los efectos de la minería son diversos y abarcan varios aspectos, como la salud humana y animal, el medio ambiente (agua, aire, suelo), y también generan repercusiones económicas, sociales y culturales. No siempre ocurren de manera simultánea, pero es necesario estar conscientes de estas posibles afectaciones.

La minería actual se asocia con un extractivismo depredador, caracterizado por la extracción masiva de recursos naturales, que deja impactos profundos en el ámbito social, económico, ambiental y territorial tanto a nivel local como nacional. Aunque los productos finales se exportan, las consecuencias negativas permanecen en los territorios afectados. Según el investigador Eduardo Gudynas, del Centro Latinoamericano de Ecología Social (CLAES), esta dinámica extractiva genera grandes perjuicios a nivel local, mientras los beneficios económicos suelen concentrarse en otros lugares.

Para conocer más sobre estos impactos, se puede consultar la cartilla "Impactos mineros" del Tomo 2 de la caja de herramientas ambientales, que ofrece un análisis detallado de cómo la minería afecta diversas áreas de la vida y el entorno.

N. Área de influencia directa ambiental

Este concepto se refiere a la zona geográfica en la que las actividades mineras generan un impacto ambiental y social, no solo durante la vida útil del proyecto, sino incluso después de su cierre.

O. Área de influencia indirecta

Son las zonas más allá del área de influencia directa, que se ven afectadas de forma indirecta por las actividades mineras. Estas áreas se definen a partir de los estudios ambientales y los impactos sociales que se relacionan con ellas.

P. Derrame

Se refiere a cualquier descarga, fuga o vertido accidental de sustancias peligrosas, como hidrocarburos, en el suelo, debido a prácticas inadecuadas o accidentes.

Q. Medidas de mitigación

Estas medidas buscan reducir el riesgo o daño ambiental. Como en muchos casos no es posible eliminar completamente los riesgos, se implementan acciones para disminuir los efectos negativos, como modificar el diseño del proyecto, agregar protecciones o realizar una programación cuidadosa de las actividades.

R. Plan de contingencia

Se refiere a los procedimientos operativos diseñados para coordinar, alertar y responder ante posibles accidentes o fenómenos peligrosos como derrames o colapsos de diques. Estos planes deben estar bien definidos para minimizar los daños y controlar la situación lo más rápido posible.

S. Plan de emergencias

Este plan establece las responsabilidades y procedimientos a seguir en caso de emergencia, con el objetivo de proteger vidas, bienes y restaurar la normalidad lo más pronto posible.

T. Plan de gestión de riesgos

Es un conjunto estructurado de estrategias y acciones enfocadas en reducir los riesgos asociados a las actividades mineras. Este plan incluye la preparación ante emergencias y la recuperación después de un desastre.

U. Sistema de gestión de riesgos

Se trata de una organización flexible que agrupa a instituciones y sus recursos técnicos, científicos y comunitarios para integrar la gestión de riesgos en la vida cotidiana de las comunidades, promoviendo una cultura de prevención y preparación.

V. Prevención

Consiste en acciones anticipadas destinadas a evitar o minimizar los impactos negativos de posibles fenómenos peligrosos. Estas medidas son esenciales para reducir los efectos adversos, especialmente en las poblaciones más vulnerables.

Además, es importante señalar que el impacto en la vida de las mujeres suele ser más grave que en la de los hombres, ya que ellas enfrentan mayores dificultades debido a las repercusiones sociales y económicas de la minería. Una tabla de posibles efectos negativos en las mujeres se incluye para destacar esta realidad.

2.4. Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Es el factor de origen de la contaminación del suelo de la presencia de cobre debido al aprovechamiento del yacimiento minero Star Minig Company superan los ECAs del suelo.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. Los factores relacionados con la roca madre que determina la presencia de cobre en los suelos es evidente por el tipo de estructura geológica.

- b. Son los procesos de la actividad minera que determinan la presencia del cobre en el suelo, para que superan los ECAs de suelo.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente

ECAs de suelo

2.5.2. Variable dependiente

Suelo contaminado por la presencia de metal de cobre

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.

En la Tabla 3, se operacionalizó las variables de estudio, con el fin de hallar los objetivos de la presente investigación.

Tabla 1:

Matriz de Operacionalización de las variables

VARIABLE	INDICADORES
<p>Identificación del origen de la contaminación del suelo de la presencia de cobre debido al aprovechamiento del yacimiento minero Star Minig Company superan los ECAs del suelo</p>	<p>Unidad de análisis de los factores relacionados con la roca madre que determina la presencia de cobre en los suelos por el tipo de estructura geológica</p> <p>Cuantificación de los niveles de concentración de cobre en el suelo.</p>

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación para la investigación es aplicada, ya que el objetivo principal es generar conocimiento con fines prácticos y específicos, también se busca soluciones concretas para problemáticas reales. En este caso, se enfoca en la contaminación antropogénica que afecta el suelo de un yacimiento minero, lo cual tiene implicaciones directas sobre el medio ambiente y las comunidades cercanas. Por lo tanto, la finalidad es comprender el alcance y las causas de dicha contaminación con el fin de proponer medidas correctivas o preventivas que permitan mitigar el impacto sobre el entorno. Este tipo de investigación no solo se preocupa por describir el fenómeno, sino por actuar sobre la realidad y modificarla para mejorar las condiciones ambientales y reducir los riesgos asociados a la actividad minera.

3.2. Nivel de investigación

Es de nivel descriptivo, ya que su principal objetivo es caracterizar el fenómeno de la contaminación antropogénica en el suelo del yacimiento minero. A través de este enfoque, se busca identificar y detallar los diferentes contaminantes, su distribución en el terreno, y las características específicas del

ambiente afectado. La investigación descriptiva no solo se limita a observar, sino que nos proporcionó la información precisa y estructurada que sirve de base para la toma de decisiones.

Además, esta investigación descriptiva no se agota en la simple acumulación de datos; tiene un propósito claramente práctico: conocer para hacer, para actuar y para modificar. Es decir, los resultados que se obtienen están orientados hacia la intervención inmediata sobre una realidad concreta. En este caso, la preocupación se centra en cómo las actividades humanas (mineras) han afectado el suelo y, en función de los resultados, cómo se pueden desarrollar estrategias o medidas de mitigación para reducir el impacto negativo en el medio ambiente.

Por lo tanto, aunque el nivel descriptivo se basa en la observación y recopilación de datos, está íntimamente vinculado con la acción y la aplicación práctica. La investigación busca generar un diagnóstico preciso sobre el estado de la contaminación, lo que permitirá a los responsables de la gestión del territorio o las autoridades competentes diseñar intervenciones concretas para reparar el daño ambiental y prevenir futuros problemas.

3.3. Métodos de investigación

El método para la investigación fue el analítico lo que implica descomponer un fenómeno o problema en sus componentes más pequeños para comprenderlo mejor. En este contexto, se busca analizar y comprender los factores que causan la contaminación del suelo a partir de la minería.

La contaminación antropogénica se refiere a los daños ambientales que resultan directamente de la actividad humana. En el caso de la minería, estas actividades incluyen la extracción de minerales, la disposición de desechos y el uso de productos químicos que afectan negativamente la calidad del suelo.

3.4. Diseño de investigación

En cuanto al diseño de la investigación es no experimental, ya que no se manipula y controla una variable independiente y se observa una variable dependiente relacionado con el problema de la contaminación antropogénica en suelos por actividad de la minería el planteamiento se ha estructurado de manera clara y sistemática para abordar el fenómeno en todas sus dimensiones. A continuación, se desglosan los elementos clave del diseño de investigación que podrían aplicarse:

$$Y = f(x)$$

Dónde:

Y= Variable dependiente.

x = Variable Independiente.

f = Función

3.5. Población y muestra

Para esta investigación se utiliza el muestreo No Probabilístico (no estadístico y no paramétrico) porque la población es muy reducida y es posible el manejo de los datos obtenidos.

3.5.1. Población

El suelo del yacimiento minero Star Mining Company debido a las características del yacimiento, se encuentra aún en la fase de exploraciones geológicas

3.5.2. Muestra

Se ha realizado un muestreo de identificación según la guía de muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente, del yacimiento minero Star Mining Company debido a las características del yacimiento, se encuentra aún en la fase de exploraciones geológicas, para lo cual se toma como base una hectárea.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica empleada para recoger información fue la observación directa, objetiva y sistemática.

Esta investigación, inicia con la recolección de datos desde la identificación del problema, luego realiza los trabajos de campo con la toma de muestras para su respectiva identificación y por último el trabajo de gabinete para elaborar el informe final.

A. Muestreo

Se deben definir las áreas de estudio (sitios mineros específicos) y la forma en que se seleccionarán las muestras de suelo. Muestreo aleatorio en diferentes zonas de la mina.

B. Análisis químico:

Las muestras de suelo se realizaron en el laboratorio de análisis químico, de la UNDAC, para analizar la presencia de contaminantes, como metales pesados (plomo, cadmio, arsénico, mercurio, etc.), y determinar las concentraciones.

3.7. Técnicas de procedimiento y análisis de datos

3.8.1. Técnicas e instrumentos de la investigación

Se realizó un reconocimiento en el área de influencia directa e indirecta de la actividad minera, para el reconocimiento de las características del suelo para identificar si se encuentra contaminación antropogénica generado por la actividad minera.

Se utilizaron, GPS, cámara fotográfica, bolsas de muestreos y libreta de campo.

3.8.2. Análisis de datos

Se identificó que en la actualidad no existe contaminación antropogénica, que supere los ECAs de suelo, si existiera en un futuro se cuenta con un plan de mitigación en la misma actividad del proyecto.

3.8. Tratamiento estadístico

Los datos obtenidos del monitoreo de suelos de campo y los resultados de laboratorio fueron procesados y analizados mediante herramientas computacionales. En este proceso se utilizaron programas de hojas de cálculo, como Microsoft Excel, que permiten organizar, procesar y visualizar la información de manera efectiva.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Justicia, responsabilidad y sostenibilidad: La investigación se guía por principios éticos que priorizan la equidad entre las partes involucradas, la responsabilidad de mitigar los impactos negativos de las operaciones mineras, y la sostenibilidad en el uso de los recursos naturales. Esto implica que cualquier intervención o recomendación que surja de la investigación debe considerar:

El bienestar de las comunidades afectadas, garantizando que los derechos de los residentes locales no se vean vulnerados.

El respeto y la preservación del medio ambiente, asegurando que las soluciones propuestas no agraven los problemas ecológicos.

La responsabilidad de la empresa minera de mitigar los daños ocasionados por la contaminación del suelo.

Transparencia: Se deben seguir procesos claros y abiertos, lo que significa que las decisiones y resultados del estudio serán compartidos con todas las partes interesadas (incluyendo la comunidad local, la empresa minera y las autoridades regulatorias). Esto crea un entorno de confianza y cooperación entre los diferentes actores.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Identificación del Área de Estudio

Se reconoció el área de estudio, levantando un inventario ambiental del área de influencia directa e indirecta de la mina Star Mining Company N°3, para tener una línea de base ambiental y poder controlar si se produjera contaminación antropogénica.

A. Explicación de procedimientos

Se realizó un inventario ambiental en todo lo componentes ambientales, para identificar los impactos ambientales negativos y positivos. Y con el plan de mitigación de su Estudio de Impacto Ambiental, identificado en la presente investigación se tiene identificado el control de la contaminación antropogénica del suelo de la compañía minera.

a. Descripción del medio ambiente físico

- **Clima**

El área del proyecto se caracteriza por tener un clima frío, caracterizado por las altas mesetas andinas, secas y lluviosas, dependiendo de la estación. Indica una temperatura máxima de 10 °C y una temperatura mínima de -5 °C; la humedad media de

la zona es de 25 %, la precipitación pluvial de 800 mm al año, el periodo de sequía o estiaje corresponde a los meses de mayo a noviembre, sin embargo ocasionalmente en el altiplano y en la línea de cumbres se produce algo de precipitación, siendo casi nula en los meses de Junio a Agosto, estos meses son también los más fríos; las tempestades más altas se registran en Noviembre y Diciembre, asimismo, se encuentra a 4 360 m.s.n.m. Teniendo un clima frío y encontrándose en la región puna que tiene de 4 000 m.s.n.m hasta 4 800 m.s.n.m. Las lluvias tienen su origen en los vientos alisios con nubes cargadas de humedad provenientes de la cuenca amazónica que se enfrían en la zona alta de la cordillera y al encontrarse con nubes más calientes que suben del pacífico, se producen fuentes de alta precipitación. En el área de estudio la altitud juega un papel importante en el clima, por lo que se presenta el siguiente clima:

Tabla 2:

Principales condiciones Climatológicas que caracterizan al área del proyecto. Los registros de temperatura de algunas estaciones son utilizados para determinar el promedio de temperatura aproximado y los rangos de temperatura.

Temperatura	Verano	Máxima 23°
		Mínimo 15°
	Invierno	Máximo 10°
		Mínimo -2°
Promedio	3.0 °C	
Precipitación Promedio mensual	800 mm	
Viento	Dirección	NW a SE
	Velocidad Máxima	30 m./ h

- **Hidrología**

La cadena de cerros donde se emplaza el yacimiento tiene picos que se elevan sobre los 4 360 m.s.n.m., donde se originan lagunas y riachuelos que son efluentes al río Huallaga y Huachon.

Las precipitaciones tienden a caer en todos los meses como una mezcla de lluvia y granizo, y a veces como nieve fuerte en los meses más fríos, la cual, en cualquier estación del año, ni persiste ni se acumula sobre la superficie del suelo sino durante unas cuantas horas. Las precipitaciones se presentan en forma de tempestades convencionales relativamente de corta duración, las cuales tienen lugar durante las tardes de los días de más baja presión atmosférica, frecuentemente violentas, siendo acompañadas por relámpagos.

Los procesos hidrológicos existentes sobre las áreas más bajas del emplazamiento producen flujos de escorrentías del tipo de escurrimiento esparcido y flujo concentrado en cárcavas, escurriendo desde pequeñas áreas de drenaje cuyas nacientes se ubican en la cumbre hasta extensas terrazas que forman humedales permanentes; los flujos subterráneos eventualmente afloran en lugares donde alguna prolongación de los estratos más permeables corta la línea del terreno.

La red hidrológica que discurre la concesión minera SMC - 3 forman parte de las cuencas hidrográficas de los ríos Perené y Huallaga, a su vez conforma el sistema hidrográfico de la Cuenca del Amazonas.

- Cuenca Hidrográfica del río Perené: está constituido por varias subcuencas que abarca el cuadrángulo de Pasco y el Ulcumayo en las principales cuencas tenemos:

Tabla 3:

Cuenca del Río Perene con Respecto al Proyecto

CUENCA	SUBCUENCA	QUEBRADAS
Río Perené	Río Huachón	Quebrada LlanucanCHA Quebrada Cochachupan Río PilcocanCHA Río Huarancayo

- Cuenca Hidrográfica del río Huallaga abarca la mayor parte del cuadrángulo de Pasco.

Tabla 4:

Cuenca del Río Huallaga con Respecto al Proyecto

CUENCA	SUBCUENCA	QUEBRADAS
Río Huallaga	Río Tíclacayan	Quebrada Paclapata Quebrada Apaga
	Río Chinchán	Quebrada GotacanCHA Quebrada ChalhuacoCHA Quebrada Jacamachay

b. Geología General

La zona de la mina “Star Mining Company N° 3” donde se realizará la explotación se encuentra sobre depósitos cuaternarios, los cuales están supra yaciendo a rocas volcánicas andesíticas e intrusivas del terciario (ver Plano Geológico)

Las rocas que predominan en la zona de estudio son:

- Rocas Metamórficas (complejo metamórfico) pertenecen a precambriano.
- Rocas Sedimentarias (Grupo Pucará).

- Depósitos Cuaternarios.
- Rocas Intrusivas (carbonífero superior) triásico jurásico.
- Rocas Intrusivas

Son aquellas rocas que se han consolidado a partir de soluciones de rocas fundidas llamado magma en el interior de la corteza terrestre sin comunicación con el exterior que han penetrado con otras rocas.

Estas rocas tienen granos gruesos y están formados por cuarzo, feldespatos y micas.

- Rocas volcánicas

Son aquellas rocas que han sido llevados a la superficie de la tierra por fuerzas volcánicas. Estas rocas tienen granulometría muy fina son de color oscuro, pesado, completa y resistente, formado por cuarzo feldespato de textura porfiria.

- Rocas cuaternarias

Los depósitos de cobertura formados durante el cuaternario, corresponden a procesos glaciales, aluviales y coluviales; erosionando rocas pre - existentes de la vertiente oriental.

Las morrenas se encuentran sobre el relieve cordillerano. Se encuentran conformadas por gravas angulosa de composición litológica heterogéneas que se hallan envueltas en una matriz limo - arenosos.

Los depósitos fluvioglaciares originados por procesos glaciares en la cordillera oriental, corresponde a una mezcla de sedimentos conglomerados subredondeados de gravas subangulares con fraccionometria variada.

b.1. Deposito Cuaternario

- Depósitos Fluvioglaciares

Son materiales acumulados debido a la acción combinada del proceso fluvial y del proceso glaciar. Los materiales que conforman este depósito son heterogéneos en cuanto a la forma y tamaño, mayormente con bloques redondeados de dimensiones diversas, cementados por materiales finos (arenas, limos y arcillas).

- **Depósitos Coluviales**

Material fragmentario heterogéneo tanto en la forma como en el tamaño, que ha sido transportado y acumulado por la acción de la gravedad.

- **Depósitos Eluviales**

Depósito de material detrítico, también denominada residual. Son aquellos depósitos resultantes de la alteración o descomposición de las rocas madres que permanecen in situ. En la zona se les ubica en laderas de pendientes no tan abrupta.

b.2. Rocas Metamórficas del Complejo Marañón

Se desarrollan en ambos flancos de la cordillera central en el área de estudio se observa una serie de esquistos que contiene cuarzo - moscovita de textura granoblastico siendo las micas entre 50 - 70 % y el cuarzo 20 - 30 %. Los accesorios se presentan como clorita, feldespatos que ocurren a modo de granoblastos, en agregados densos, diseminados. Se observa numerosas fases de plegamiento, con abundantes venillas y lentes de cuarzo probablemente productos de la segregación del metamorfismo regional de bajo grado.

a.3. Rocas Ígneas

En el yacimiento podemos observar el siguiente tipo de roca:

◆ **Monzogranito**

Estas rocas afloran a más o menos 600 m² de composición monzogranito que instruye a los esquistos del complejo marañón, las rocas básicas son de color gris halocristalino inequigranular, se caracteriza por su composición y textura hipidiomorfa granular con minerales de plagioclasa, cuarzo, biotita y hornblenda. Por intemperismo se disgrega formando suelos arenosos.

c. Geología Estructural

En la zona como consecuencia de los esfuerzos tectónicos que dieron lugar al levantamiento de la cordillera de los andes. La estratificación de los estratos puede asumir localmente una inclinación de las rocas volcánicas andesíticas de N 35° W a N 40° W y de 50° - 40° SW de buzamiento.

d. Geología Económica

Dentro del área del proyecto existen yacimientos metálicos, destacando preponderantemente el Cu de SMC N° 3.

B. Descripción de Áreas Mineralizadas

Comprende al área principal de estudio, donde afloran cuerpos vetiformes de la mineralización de Cu.

Las vetas de rumbo N 20° E y N 25° W, tienen espesores entre 0.1 m a 1 m. La mineralización está conformada por diseminaciones y venillas de calcopirita, pirita en una matriz sílicea clara.

Todas las áreas mineralizadas son vetiformes, Determinándose varias zonas de trabajo como son las vetas:

- **VETA PRINCIPAL.** Veta actualmente siendo trabajada, teniendo una estructura vetiforme de longitud de 50 m ancho de veta que varía del

centímetro a los 10 cm, compuesta por calcopirita, caja volcánica con ramificaciones en stock work teniendo potencias de 0.70 cm. Con rumbo N 10° - 18° E Bz 84° SE.

- VETA 1. Esta Veta tiene contenido de óxido de cobre con ancho promedio de 3 cm. longitud de 10 m. con minerales de malaquita, cuprita, bornita. Con presencia de disseminación y Sock Work
- VETA 2. Veta con longitud de 90 m con ancho promedio 0.60 m de veta de cuarzo y vetilla de Calcopirita de potencia promedio de 5 cm., con rumbo variable de N 10° W y N 10° E con Rb 82 SE y 82 NE con una matriz de cuarzo, con presencia de minerales de Calcopirita, bornita, cuprita, pirita, malaquita, hematina y limonita.
- VETA 3. Veta paralela a la Veta 2 se encuentra al lado W a unos 5 m. llevando una longitud de 20 m. un ancho promedio de 25 cm. de veta de cuarzo, Con presencia de minerales de Cu.

Otras Vetos. Vetos que tienen longitudes aflorantes menores a los 5 m con potencia que varían del centímetro a 5 cm. con presencia de disseminación de calcopirita.

a. Otros Afloramientos

Existen cateos sobre las rocas volcánicas andesíticas, donde también se identifican dispersiones primarias y secundarias, dándonos anomalías de mineralización por lo menos en la veta principal ubicadas en las rocas volcánicas andesíticas.

Las leyes que tienen esta determinadas de la siguiente manera:

- Ley de Chalcopyrita Pallaqueado 20 % Cu.
- Ley del Oxido 12 % de Cu.
- Ley de los minerales de caja 1 % de Cu.

b. Minerales Supergeneticos

- Limonita.
- Cuarzo.
- Hematina.
- Etc.

c. Minerales Endogenos Hipogenos

La mina SMC - 3, está constituido por 70% de sulfuros principales:

- Chalcopirita
- Bornita.
- Pirita.
- Malaquita.
- Cuprita.
- Azurita.
- Arsenopirita.
- Etc.

d. Guías de Mineralizacion

La Chalcopirita es guía mineralógica favorable para la detección de minerales de oro.

e. Minerales de Mena

- Chalcopirita (CuFeS_2)
- Se encuentra en masas compactas o micro granulares a veces de aspecto semiforme de color amarillo latón frecuentemente con patinas iridiscente semidura pesada, relativamente frágil no presenta exfoliación, pero su fractura concoidea opaca con brillo metálico o semimetálico de raya verdusco.
- Bornita ($\text{S}_4\text{Cu}_5\text{Fe}$)

- Es menos frecuente encontrarla como mineral supergénico, formado en la parte superior de la zona de enriquecimiento de los filones de cobre sobre la chalcopirita. La bornita se distingue por su característico color de bronce en superficie fresca y por su tono purpúreo.
- Malaquita ($\text{CO}_3\text{Cu}_2(\text{OH})_2$)
- Se halla en las zonas de oxidación de los filones de cobre asociada a la azurita, cuprita, cobre nativo, óxidos férricos y diversos sulfatos de cobre y hierro. Se reconoce por su color verde brillante y formas botrioidales, y se distingue de otros minerales verdes de cobre por la efervescencia con los ácidos
- Cuprita (Cu_2O)
- Aparece en la zona de oxidación superior de los filones de cobre asociado con limonita y otros minerales secundarios de cobre. Normalmente se distingue de los otros minerales rojos por la forma de sus cristales, fuerte brillo, raya y asociación con limonita.
- Azurita ($(\text{CO}_3)_2\text{Cu}_3(\text{OH})_2$)
- Caracterizado principalmente por su color azul marino, se halla en las zonas de oxidación de los filones de cobre asociada a la azurita, cuprita, cobre nativo, óxidos férricos y diversos sulfatos de cobre y hierro.

f. Minerales de Ganga

- Pirita (FeS_2)
- Se encuentra en cristales cúbicas y en forma masiva, es de colores amarillos o más oscuros. Es dura, muy pesada, muy frágil y nunca es exfoliable, opaca con brillo metálico muy intenso raya de color negro verdoso.

- Cuarzo (Si₂O)
- Se encuentra muy frecuentemente, es de color blanco pero las variedades puras son: incoloras (cristal de roca) Está presente por igual en las rocas plutónicas (granitos, diorita, granodioritas, tonalitas, volcánicos, pórfidos cuarcíferos) además se encuentra en distritos ambientales de formación.

g. Controles de Mineralización

La mineralización del yacimiento ha sufrido alteraciones de baja, moderada a elevada, dando a la formación de argílicas, como controles de mineralizaciones.

h. Control Estructural

El principal control estructural es la falla geológica de rumbo N46°-51°W entre el complejo marañón. Las fallas han sido favorables para el depósito de sulfuros y óxidos, esta línea se emplaza por cuarzos fuertemente silicificados.

i. Control Litológico

La mina SMC-3, está determinado principalmente por rocas metamórficas del complejo marañón constituidos por las meta-andesitas e intrusivos dioríticos Y monzograníticos que son favorables para la mineralización de los cuerpos a lo largo del área de la mina.

j. Alteraciones

Las alteraciones de las rocas encajonantes presentan argilitización, silificación y limonitización.

k. Argilitizacion

Es la alteración que ocurre entre 400 y 100 grados centígrados de temperatura, se caracteriza por la alteración de minerales arcillosos producto de la alteración de los feldespatos y minerales máficos. Esto ocurre bajo condiciones ácidas y por lixiviación de todos los cationes

alcalinos extensiva y completamente, también ocurre una lixiviación de calcio. Forman un ensamble característico caolinita-montmorillonita-illita de apariencia blancuzca y pulverulenta. La caolinita se presenta predominantemente cerca del cuerpo mineralizado y la montmorillonita lejos. Accesoriamente ocurren pirita y clorita.

I. Silificación

Es la alteración más común en las rocas encajonantes ocurre entre 600 y 1000 °C de temperatura. Es el desarrollo de un metasomatismo de cuarzo y lixiviación de cationes alcalinos y alumina, está formada en cualquier tipo de roca de manera extensiva los minerales acompañantes son sericita, alunita, pirita, calcopirita.

m. Limonitización

Es la alteración de los sulfuros por oxidación y lixiviación, se le reconoce especialmente por el color de su raya de pardo amarillento.

n. *Genesis y Tipo de Yacimiento*

El yacimiento “SMC N° 3”, ha sido originado por efectos del contacto de emanaciones gaseosas a elevadas temperaturas y fuertes presiones del intrusivo, con las andesitas del complejo marañón, que, por efectos térmicos combinados con las adiciones gaseosas, precedentes del intrusivo dieron lugar a un yacimiento de tipo hidrotermal con mineralización de Cu, etc., y minerales de ganga Cuarzo cristalizada, pirita, arsenopirita, etc., rellenando estos minerales las fallas geológicas.

o. *Geomorfología*

• **Geomorfología Regional**

Regionalmente se encuentra en una zona de los andes, la cual está representada por un área de relieve moderado con formas topográficas de típico modelado, cuya altitud va ascendiendo

progresivamente desde los 4 000 m.s.n.m. hasta la Divisoria Continental (siendo esta un promedio de 4 800 m.s.n.m.). El agua de las lagunas ha sido disectada por un drenaje que es dendrítico de donde las aguas de los riachuelos son aprovechadas para el consumo humano y el sistema de riego de los terrenos con pastizales y el resto del agua desemboca a los ríos huachon y huallaga.

- **Geomorfología Local**

En el área del proyecto se ha diferenciado la siguiente unidad geomorfológica tomando como base los criterios geográficos y morfo-estructurales.

Morfología que se halla distribuida en la cordillera Oriental, ubicada en la parte NE del Cuadrángulo de Cerro de Pasco. Sus altitudes comprenden sobre los 4 000 m.s.n.m. llegando hasta los 4 500 m.s.n.m. del área también se observa los nevados cocha y Huaguruncho (Foto N° 15 y 16) con alturas de 4780 y 4850 respectivamente. La característica principal de esta unidad es presentar una morfología bastante abrupta afectada por una intensa erosión glaciaria, con presencia de lagunas y valles glaciales cuyo fondo amplio es en forma de U, sobre la cual se acumulan depósitos morrenicos y fluvioglaciares.

p. Sismicidad

Dentro del territorio peruano se han establecido diversas zonas, las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de los sismos. Según el Mapa de Zonificación Sísmica propuesto por la Nueva Norma de Diseño Sismorresistente E.030, del Reglamento Nacional de Construcciones (1997), el área de estudio se encuentra comprendida en la zona 2.

- **Sismología regional:**

De acuerdo al nuevo mapa de zonificación sísmica del Perú según la nueva Norma Sismo Resistente de Estructuras (NTE E- 030 - 2003) y del Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú (J. Alva Hurtado, 1984) el cual está basado en isosístas de sismos ocurridos en el Perú y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes; se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la zona de sismicidad alta (Zona 2), existiendo la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades como VI - VII en la escala Mercalli Modificada. “Zonificación Sísmica del Perú” y “Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas”. De acuerdo a la nueva Norma Sismo Resistente NTE E-030-2003 para el predominio del suelo bajo la cimentación del dique de contención de presas, se recomienda utilizar en los diseños Sismo - Resistentes de Estructuras los siguientes parámetros:

- Factor de Zona: $Z = 0.30$
- Factor de amplificación del suelo: $S = 1.00$
- Período que define la plataforma del espectro: $T_p = 0.40$

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Cuando hay exposición continua de las personas a la contaminación antropogénica origina diferentes enfermedades a las personas que se exponen a mencionada contaminación, sobre todo cuando la exposición es continua. Dependiendo del grado de contaminación antropogénica, si pasa de los Límites Máximos Permisibles (LMP) los agentes contaminantes. En el yacimiento minero, la contaminación antropogénica del suelo está siendo controlado desde

la etapa de exploración y se tiene su Estudio de Impacto Ambiental (EIA), donde se identificaron los impactos negativos y positivos al ambiente, desde antes, durante y después de la actividad minera. En este Estudio de Impacto Ambiental, su plan de mitigación a los impactos negativos será ejecutado por la empresa, comprometiéndose en realizar inversiones para el plan de mitigación a corto, mediano y largo plazo.

La contaminación antropogénica en el suelo de influencia directa e indirecta está siendo controlado ya que con el cumplimiento estricto de su Estudio de Impacto Ambiental (EIA), el antes, durante y después de la actividad minera no generará contaminación antropogénica en el suelo. A continuación, se presenta el análisis realizado

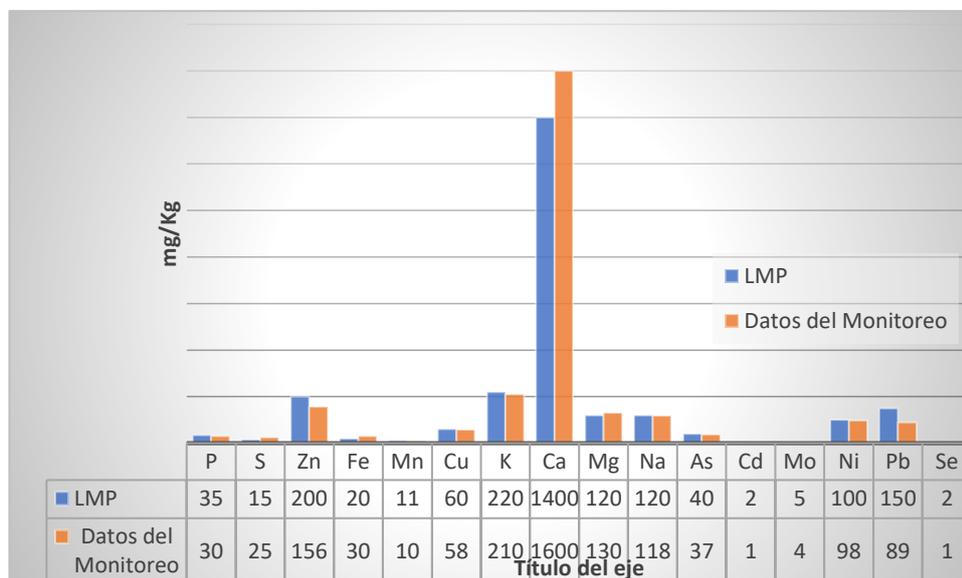
Tabla 5:

Resultados de los elementos analizados en el suelo de Ticlacayan a inicio de realizar Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la compañía minera Star Mining Company N° 3.

Elementos Químicos Analizados	ECAs de suelo	Valor reportado del analisis
Fostoro (P)	35	30
Azufre (S)	15	25
Zinc (Zn)	200	156
Hierro (Fe)	20	30
Manganeso (Mn)	11	10
Cobre (Cu)	60	58
Potasio (K)	220	210
Calcio (Ca)	1400	1600
Magnesio (Mg)	120	130
Sodio (Na)	120	118
Arsénico (As)	50	37
Cadmio (Cd)	2	1
Molibdeno (Mo)	5	4
Níquel (Ni)	100	98
Plomo (Pb)	150	89
Selenio (Se)	2	1

Figura 2:

Representación del análisis de los suelo de Tíclacayan a inicio de realizar Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la compañía minera Star Mining Company N° 3.



4.3. Prueba de Hipótesis

La hipótesis general donde se indica que la contaminación antropogénica influye mínimamente en el suelo del yacimiento minero, se cumple ya que se tiene cuidado estricto en el cumplimiento de su Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la compañía minera Star Mining Company N° 3.

Por analogía las hipótesis específicas también se cumplen, en el primer caso los tipos de contaminación influyen mínimamente en la contaminación del suelo del yacimiento. En el segundo caso los tipos de contaminantes, contaminan el suelo del yacimiento minero, todos ellos no afectan significativamente al ambiente.

4.4. Discusión de resultados

. En el estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la compañía minera Star Mining Company N° 3, contiene aproximadamente 68 elementos de naturaleza metálica, de los cuales 32 pueden clasificarse como “metales pesados”,

caracterizados por poseer un peso atómico superior al del hierro (55.85 g/mol). Esta clasificación excluye algunos metales con pesos atómicos menores al del hierro que pueden ser contaminantes, como el vanadio (50.95), manganeso (54.44), y cromo (52.01), así como otros elementos no metálicos como arsénico, flúor y fósforo. Debido a esto, resulta más adecuado hablar de contaminación por “elementos traza”, aunque la mayoría de los contaminantes inorgánicos corresponden a “metales pesados”. En ocasiones, la contaminación del suelo en el estudio del proyecto de la explotación minera está ubicada dentro de los límites de la Concesión Minera “SMC - 3” de 100 Has, ubicada en la zona Llanucancho - Chiric Distrito de Ticsacayán, en el departamento de Pasco, puede deberse también a las concentraciones de elementos comunes como: hierro, zinc, plomo y cobre.

Los elementos traza, en la corteza terrestre, en el lugar de Ticsacayan se encuentran en bajas concentraciones (mg/kg), en los suelos y plantas, y muchos son esenciales para el crecimiento y desarrollo de organismos, aunque en cantidades superiores pueden resultar tóxicos (ver Tabla 1, Figura 1). Generalmente, todos los elementos traza, se vuelven tóxicos si se inhalan o ingieren en cantidades suficientemente elevadas y por periodos prolongados (Plant et al., 2001).

Los elementos traza, más comunes en el suelo de Ticsacayan, se clasifican en cinco grupos, según su forma química en soluciones del suelo: cationes (Ag^+ , Cd^{2+} , Co^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}), metales nativos (Hg, V), oxianiones (AsO_4^{3-} , CrO_4^{2-} , MnO_4^{2-} , HSeO_3^- , SeO_4^{2-}), halogenuros (F^- , Cl^- , Br^- , I^-) y organocomplejos (Ag, As, Hg, Se, Te, Tl). Estas categorías no son excluyentes, pues algunos elementos pueden presentarse en más de una forma. También contienen: Cr, Ni, Pb y Zn, y suelen variar entre 1 y 1600 mg/kg; Co, Cu y As entre 0.15 y 275 mg/kg; mientras que Cd y Hg están presentes en proporciones menores (0.01 a 0.2 mg/kg) (Bowen, 1979). Entre los elementos

traza en los suelos, 17 se consideran muy tóxicos y, además, se encuentran en concentraciones que pueden superar los niveles de toxicidad. Entre estos están: Ag, As, Bi, Cd, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Se, Sn, Te, Tl y Zn. Diez de ellos, incluyendo Ag, As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Sn y Tl, se movilizan fácilmente por la actividad humana en proporciones que exceden las de los procesos naturales (Novotny, 1995). La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) incluye como contaminantes prioritarios a 13 elementos traza: antimonio, arsénico, berilio, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y zinc, incorporando al berilio en la lista de elementos más tóxicos y disponibles.

Capacidad de depuración de los suelos

Los suelos generalmente funcionan como una barrera protectora para otros medios más sensibles (hidrológicos y biológicos), actuando en la filtración, descomposición, neutralización y almacenamiento de contaminantes, reduciendo su biodisponibilidad. Esta capacidad depuradora depende del contenido en materia orgánica, carbonatos, oxihidróxidos de hierro y manganeso, de los minerales de arcilla, capacidad de cambio catiónico, pH, Eh, textura, permeabilidad y actividad microbiana. Sin embargo, para cada situación existe un límite, y cuando se superan estos límites, el suelo se convierte en una fuente de contaminación.

El poder amortiguador del suelo se refiere a su capacidad para reducir los efectos negativos de los contaminantes y volverlos inactivos o inofensivos. Para suelos agrícolas, se ha definido la "Capacidad de Carga para Metales Pesados" (LCASHM, por sus siglas en inglés: Load Capacity of Agricultural Soils for Heavy Metals) (Cheng et al., 2001), que depende de las propiedades del suelo, el tipo e historia de contaminación, indicadores de toxicidad y otros factores ambientales.

La amortiguación en los suelos se realiza a través de procesos como neutralización, degradación biótica o abiótica, precipitación-disolución, oxidación-reducción, formación de complejos orgánicos o insolubilización. La cantidad máxima permisible de un contaminante que se vuelve biodisponible en niveles tóxicos se denomina carga crítica y representa el umbral de toxicidad. Algunos valores de la LCASHM son: Cd: 23-87 g/ha/año, Pb: 6750-10125 g/ha/año, y As: 450-675 g/ha/año.

CONCLUSIONES

- El suelo donde está ubicado la mina Star Mining Company N° 3 es del tipo Rigosol díttrico.
- En la evaluación de área de influencia directa e indirecta se identificó que no hay contaminación antropogénica originado por la explotación de la Mina Star Mining Company N° 3.
- Los análisis geoquímicos del suelo donde opera la Cia. Minera nos indica que no hay contaminación antropogénica.
- La contaminación antropogénica es siendo controlado por la aplicación del plan de mitigación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la mina Star Mining Company N° 3.
- Como problema general se planteó ¿Cuál es el efecto en el suelo del yacimiento por la contaminación antropogénica?
- Como problemas específicos se planteó:
 - a) ¿En qué medida los tipos de contaminantes del suelo se relacionan con el efecto de contaminación?
 - b) ¿Cómo influye los tipos de contaminación del suelo en la contaminación antropogénica y su efecto en el suelo?
- Como objetivo general se señaló, evaluar la contaminación antropogénica y su efecto en el suelo del yacimiento minero.
- Como objetivos específicos se señaló:
 - a) Evaluar los tipos de contaminantes como influyen en la contaminación del suelo.
 - b) Evaluar en qué grado influyen los tipos de contaminantes en la contaminación del suelo.

RECOMENDACIONES

1. Se tiene que tener un control estricto en el cumplimiento del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), de la Cia. Miera Star Mining Company N° 3, que está operando en el área de estudio.
2. Se debe de hacer cumplir el compromiso de la empresa minera en invertir para mitigar y/controlar los impactos negativos generados por la actividad de la empresa minera.
3. En el Ambiente Físico se recomienda:

- **Topografía:**

La explotación de la mina "Star Mining Company N° 3" genera un impacto inevitable e irreversible sobre la topografía del lugar, debido a la acumulación de desmonte en las Canchas ubicadas al pie o cerca de las galerías. Hay que señalar que la descarga tiene un impacto de magnitud moderada debido al volumen reducido asociado a una operación minera que además emplea parte del desmonte como relleno de mina.

No se producirá impactos en el área de las Canteras de material de préstamo porque no se requiere importar materiales de construcción para los Campamentos, empleándose el material rocoso suelto que existe actualmente y parte del desmonte de mina. No se ha considerado construir carreteras en esta etapa del Proyecto, y se emplearán las trochas existentes para el transporte de insumos y mineral; en consecuencia, la topografía actual no sufrirá impactos negativos significativos.

- **Calidad de Aire:**

La actividad relacionada con extracción cotidiana del material de mina, y su transporte, no generarán partículas en suspensión en contrataciones importantes porque la perforación se realizará con la aplicación de agua para

controlar el polvo, los taladros y voladuras son de pequeña magnitud para evitar la pérdida de mineral económico, además que la zona de trabajo es húmeda durante la mayor parte del año. Durante el transporte no se incrementará la generación de polvo que afecta la calidad del aire; los impactos de este tipo que ocurrirán durante la etapa de construcción, son también insignificantes, de carácter temporal y reversible porque no habrá necesidad de arrancar material de roca o realizar excavaciones de magnitud importante. La actividad no genera gases durante la construcción ni durante la operación o cierre, el gas de combustión de la compresora es el resultante de la combustión del petróleo cuando está operativo la compresora, y representa por ello de menor significancia porque además opera en espacio muy abiertos. La no existencia de vehículos y maquinarias pesadas contribuye a preservar la calidad de aire.

- **Niveles de Ruidos y Vibraciones**

Las actividades relacionadas con la construcción de campamentos, e infraestructura mayor no ocurren en el nivel de minería, y el hecho de no contarse con vehículos y equipos pesados, garantizan que no se generarán un nivel significativo de ruidos y vibraciones que puedan afectar al entorno. La operación de mayor ruido, que es la perforación, se realizará en forma subterránea de modo que el ruido no se proyectará a la superficie; el grupo electrógeno de 4 Kw que opera en la superficie tendrá un silenciador para los gases de combustión.

- **Calidad de suelo.**

Durante la etapa de construcción de campamentos la calidad del suelo será afectada ya que se va a realizar desbroce y separación de capa de material orgánico en el sitio; no obstante, el área afectada es de apenas de 0.015 hectáreas, el material del suelo será usado para revegetar otro sitio de similar extensión en el entorno, para evitar la pérdida neta del suelo. Para el manejo de

las canchas de desmonte se procederá en forma similar, aunque estas se ubiquen en zonas que son predominantes rocosas.

- Por ello tampoco se prevé impactos negativos durante la construcción y operación del proyecto.

- **Agua Superficial.**

El desarrollo del proyecto no afectará negativamente la calidad del agua superficial porque no se generará drenaje ácido en las labores mineras ni en las canchas de desmonte, el mineral que contiene la pirita será transportado a la Localidad de **Huari** para su comercialización directa y/o tratamiento en la Planta de Beneficio de Huari, eliminando así la posibilidad de contaminación ácida en el lugar de mina.

Los sólidos en suspensión que puede generarse en drenaje de mina y Cancha de Desmonte serán colectados en pozas de sedimentación, para producir efluentes libres de este tipo de contaminación.

Las aguas servidas de los servicios higiénicos que usan los trabajadores, serán tratadas en un pequeño Pozo Séptico que permitirá obtener un efluente apto para su vertimiento a los cursos de aguas naturales.

- **Aguas Subterráneas.**

Este recurso es de menor importancia en la región, no se emplea en la agricultura ni en otra actividad. Es muy probable que durante la perforación se intercepte conductos que favorezcan el afloramiento de aguas subterráneas y disminuyan el volumen del acuífero; no obstante, este impacto es menor. En general no se prevé contaminación de aguas subterráneas.

4. En el Ambiente Biológico se recomienda:

- **Vegetación de la Flora Terrestre**

La vegetación y flora terrestre será afectada en muy poca proporción durante la construcción y operación del Proyecto; como ya se explicó en la sección de

“Suelos” la extensión afectada es de solo 0.015 Hectáreas en un caso y en otro caso la Cancha de Desmonte se emplazará sobre material rocoso desprovisto de vegetación, presentándose en todos los casos la Vegetación Desbrozada.

- **Fauna Terrestre.**

Se prevé un impacto muy leve sobre este componente durante la operación debido al tránsito de personal, algún nivel de ruido, a la extracción y emplazamiento de desmonte en superficie, que pueden ahuyentar del lugar a animales como vizcachas y algunas aves. No obstante, este impacto será poco significativo debido a la magnitud pequeña de la operación y al hecho de que esta área no sirve en la actualidad de refugio, alimento o nidificación a la fauna terrestre.

- **Vegetación, flora y fauna acuática.**

Si existe flora y fauna acuática en el sitio de la mina en poca cantidad como la chalhua, renacuajos y algunas algas y otros cursos de agua ubicados aguas abajo, la población de peces y flora acuática es importante. El proyecto no impactará aquellas áreas donde las aguas naturales son la fuente para el desarrollo de este tipo de vida, gracias a que se evitará la generación de efluentes contaminantes.

5. En el Ambiente Socio-Económico se recomienda:

- **Población**

Los centros poblados más cercano del área del proyecto es Tomaconga que se encuentra 8 Km. al Sur Oeste y Chiric se ubica a 1 Km. al Este de la mina. Los efectos de esta actividad repercutirán directamente sobre ambas poblaciones en el sentido de que se contratará personales residentes del lugar. Además, el desarrollo del proyecto minero de explotación permitirá articular el desarrollo de una planta de tratamiento, que a su vez promoverá un mayor desarrollo socio económico en la población. El hecho de emplearse tecnología

limpia en este tratamiento, respaldada por un equipo de profesionales experimentados y provisto del equipamiento apropiado, garantiza que el impacto positivo socio económico no se logrará a expensas del deterioro ambiental. La introducción de esta tecnología en el sector minero en general y en el Anexo de Chiric en particular, permitirá a su vez desterrar las prácticas contaminantes.

- **Comunidad**

En todo el proceso se ha cumplido con establecer el trato directo con ambas Comunidades logrando un excelente entendimiento basado en un código de conducta respetuoso de los derechos de la Comunidad, del respeto irrestricto de la Calidad del Medio Ambiente, y de un comportamiento solidario con las necesidades económicas de los pobladores. En consecuencia, no se prevé impactos negativos sobre la comunidad que pueden disminuir los beneficios socioeconómicos que el desarrollo del proyecto aportará.

Es oportuno destacar la apertura que las Comunidades de esta zona brindarán a los proyectos que traen ingreso económico a la zona sin contaminar el Medio Ambiente; además la comunidad ejerce un rol promotor para que este desarrollo se incremente y los pobladores gocen de los beneficios directos del desarrollo económico.

- **Infraestructura y servicios.**

El proyecto se desarrollará en un lugar de influencia del distrito de Ticlacayan, como consecuencia el desarrollo del proyecto implica un incremento significativo de la infraestructura existente en la zona del proyecto tales como energía eléctrica, comunicaciones telefónicas, caminos de acceso, movilidad, servicio de salud, agua y desagüe.

Si se producirá un impacto positivo importante: en el transporte de insumos hasta la mina y mineral desde la mina "SMC N° 3" de Huamanmarca se

realizará con Tortoles de 25 TM, el transporte del mineral será también contratado a transportistas locales. Otros servicios y bienes locales que se adquirirán son: alojamiento y alimentación por parte de los ingenieros y técnicos foráneos, servicio telefónico, alimentos producidos localmente (papá, ollucos, carnes, etc.), abarrotes, materiales de la tiendas y ferreterías locales, troncos de eucalipto, material de construcción (arena, hormigón, adobes, etc.)

- **Empleo y nivel de egresos.**

En este componente es de donde se generan los mayores impactos positivos, aunque la magnitud está relacionada con la pequeña escala que implica la minería (menos de 25 T/d); el desarrollo de la construcción de campamentos y otras instalaciones en este caso es simultánea con la producción y demandará una cantidad de trabajadores significativos con respecto a la bolsa de trabajo que se dispone localmente. Se espera que la demanda de mano de obra se incremente progresivamente durante el periodo operativo, aunque en esta etapa no se puede precisar el tiempo de vida.

En la etapa inicial del proyecto (1 año) se generará un mínimo de 5 nuevos puestos de trabajo; el 60% de estos puestos corresponden a pobladores locales y el 40% son técnicos y profesionales foráneos. El incremento de trabajadores se logrará empleando exclusivamente mano de obra no especializada de procedencia local. El nivel de ingresos de los pobladores locales contratados se incrementará en un 100%, aunque es probable que algunos de ellos no estén trabajando actualmente.

- **Actividad Económica**

No obstante, la pequeña magnitud de la operación minera, se espera que la actividad económica local sea favorecida significativamente por su ejecución, en vista de que las oportunidades de desarrollo económico en esta zona están limitadas a una agricultura poco competitiva con respecto a los mercados de la Capital. El empleo directo mencionado anteriormente impactará

directamente en la economía de por lo menos una decena de familias locales e igual número de familias foráneas, además la adquisición de servicios diversos tendrá un efecto similar o mayor sobre otras familias locales.

Se ha planificado el desarrollo del proyecto para que la comunidad local sea favorecida con las oportunidades que esta actividad económica permitirá; así por ejemplo se podría haber destinado los recursos del Titular minero a mejorar la carretera a la mina, con la colaboración de la mano de obra de la Comunidad, y de ese modo reducir significativamente el costo de transporte.

Se ha considerado además capacitar progresivamente a los pobladores locales en los aspectos técnicos de explotación de mina y tratamiento de minerales, de modo que progresivamente tengan acceso a los puestos de trabajo de mano de obra calificada. Se estima que esta capacitación, apoyada por ONGs, va a permitir su acceso a otros proyectos del mismo tipo que están en vías de desarrollo en la zona. Consecuentemente se puede concluir que la ejecución del proyecto traerá un impacto significativo sobre la actividad económica de la zona.

- **Uso de Suelos**

Como ya se indicó anteriormente la ejecución del proyecto afectará tan solo 0.015 hectáreas de terreno superficial que tiene una pobre cobertura vegetal y están ubicados a 4 000 m.s.n.m. No obstante, a ello el material desbrozado se empleará para recuperar un área similar en terrenos adyacentes. El resto del suelo superficial afectado es rocoso e incompatible con la actividad agrícola, pues la mayor parte de la actividad es subterránea.

Entonces se prevé un mejor aprovechamiento del suelo durante el desarrollo del proyecto.

6. En el Ambiente de Interés Humano se recomienda:

- **Paisaje y estética**

Durante la construcción se producirán impactos negativos moderados al paisaje y estética natural, en la zona del campamento y Canchas de desmonte, pero serán insignificantes en los caminos de acceso. En la zona de Cancha de desmontes estos impactos son de significancia menor porque el área se halla disturbada, y en el área de Campamentos la pequeña extensión y el tipo de construcción (basado en piedra y paja) reducirá la magnitud del impacto.

Gran parte del paisaje original existente antes de la distribución proyectada será recuperado luego de las obras de rehabilitación programadas para la etapa del Cierre.

Se observa el nevado de Huagoruncho al Este del proyecto a 6 Horas de caminata.

- **Sitio Arqueológico e Histórico.**

No existen restos arqueológicos o históricos en el lugar del proyecto. En consecuencia, no se prevé impactos a este componente cuál no serán impactadas por las actividades del proyecto.

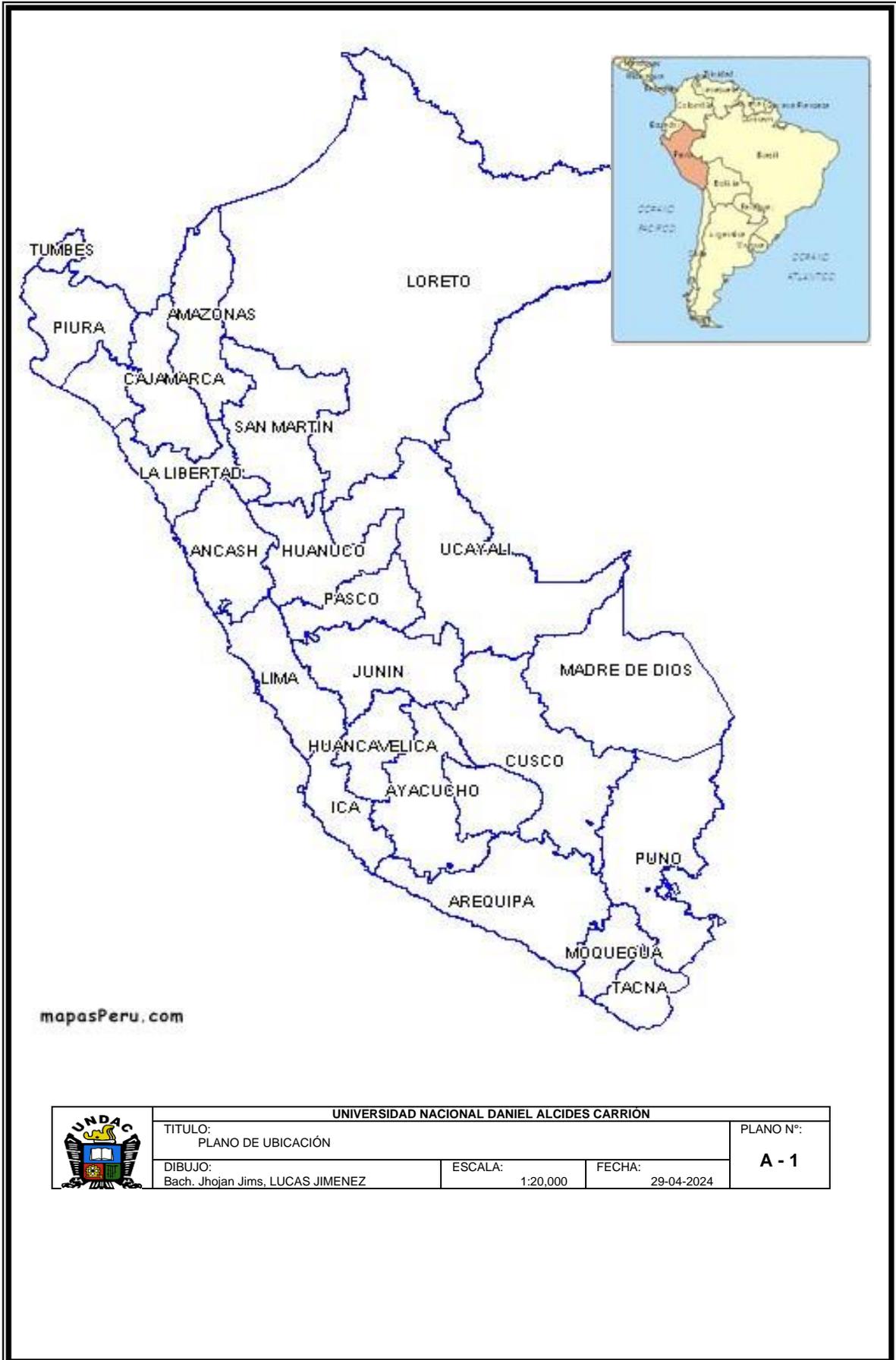
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **JOHN COBBING, LUIS QUISPESIVANA Q., (1996).** Geología de los Cuadrángulos de Ambo Cerro de Pasco y Ondores. Instituto Geológico Minero Metalúrgico.Lima.Perú.
2. **2.AUGUSTO RODRIGUEZ SANCHEZ, GUSTAVO A. VALDEZ ROSAS (2013).** Compendio de Geología.Primer edición.Lima.Perú. -
3. **SANTIAGO, V., (2010).** Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica.1ra Edición. Lima- Perú. Editorial San Marcos.PP310.
4. **4.SANTIAGO, V., (2013).** Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. 2da Edición. Lima -Perú. Editorial San Marcos.PP495.
5. **5.ANDRES ROJAS RIVERA., (2009).** Ecología General.Primer Edición.Huánuco Peru.
6. **JORGE VALERA LOPEZ., (1987).** Geología de los Depósitos de Minerales Metálicos.1ra Edición.Lima Perú.
7. **V.I. SMIRNOV., (1982).** Geología de Yacimientos Minerales.1ra Edición.Editorial Mir Moscu.
8. **G. TYLLER MILLAR., (1992).** Ecología y Medio Ambiente. México. 2 Instituto Nacional de Salud (Mayo 2006), informe de estudio, "Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo asociados a la exposición a éste metal en niños de 1 a 12 años de edad y mujeres de edad fértil del distrito de Yanacancha de Pasco".1raEdición.Cerro de Pasco-Perú. Editorial Minsa.
9. **HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ,C.,BAPTISTA,P.,(1991).** Metodología de la investigación.1ra Edición. Colombia. Editorial McGRAW-HILL.PP500.
10. **Hammad TA, Sexton M, Langenberg P., (1996).**Relationship between blood lead and dietary iron intake in preschool children. Ann Epidemiol.1ra Edición. California-E.E.U.U. Editorial Library of America.
11. **PINO, G.,(2007).**Metodología de la Investigación.1ra Edición. Lima-Perú. Editorial San Marcos.PP516.

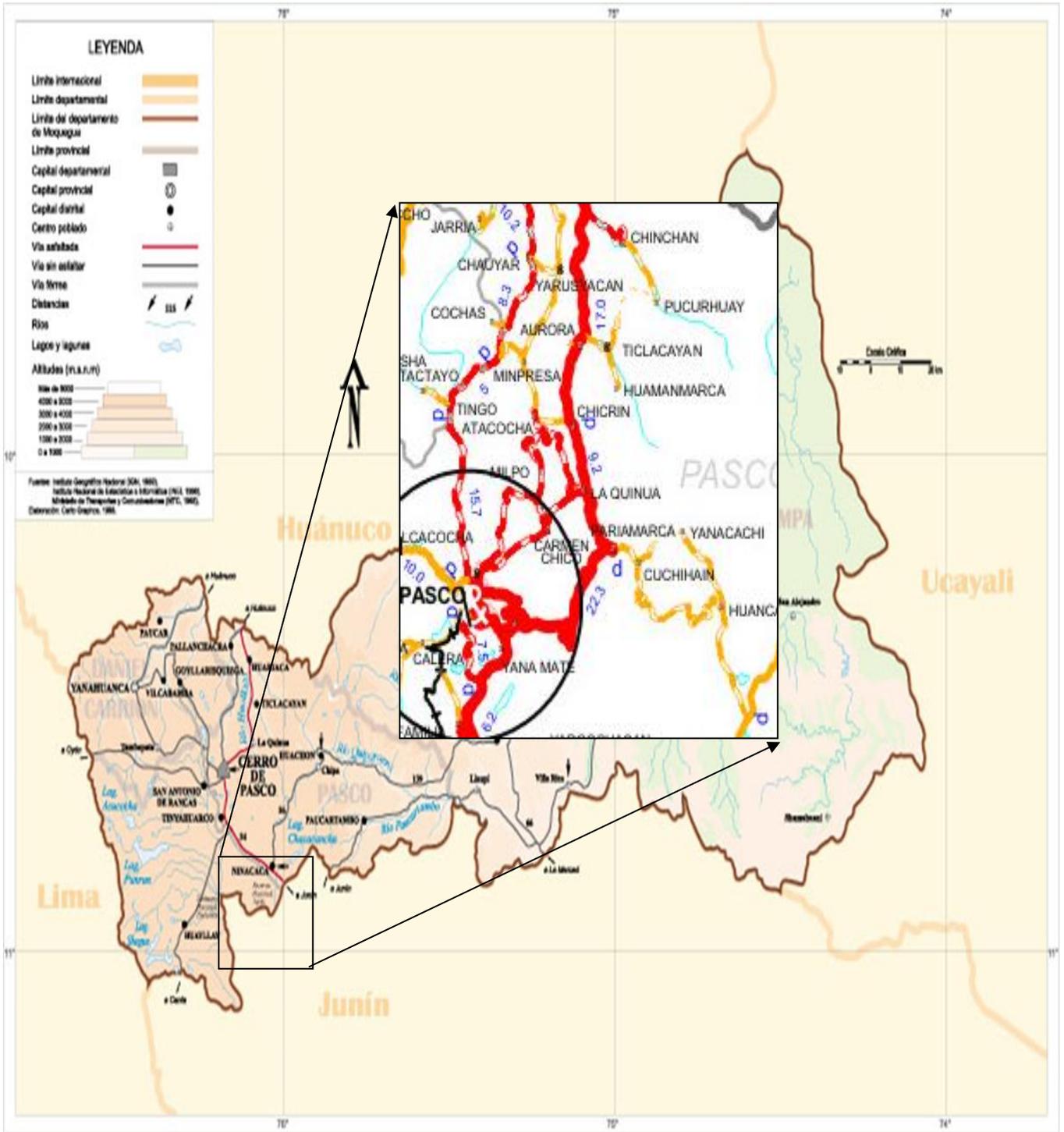
12. **US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA).,(1995).US Environmental Protection Agency (USEPA).1995.**A field test of lead-based paint testing technologies. Summary and Technical Report. 1ra Edición. Washington, DC. USA. Editorial Library of America.
13. **VICENTE CONESAFDEZ,-VITORIA.,** (1995). Auditorias Medioambientales”. 1ra Edición .Portugal- España. Editorial Mundi Prensa.
14. **EPA., (2012).Emergency Response Team Standard Operating Procedures (Fecha de acceso 28 de Marzo del 2014).** URL disponible en: <http://www.epa.gov/superfund/lead/products/hanbook.pdf>

ANEXOS

I. ANEXO: PLANOS Y MAPAS.



	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN			PLANO N°: A - 1
	TITULO: PLANO DE UBICACIÓN			
	DIBUJO: Bach. Jhojan Jims, LUCAS JIMENEZ	ESCALA: 1:20,000	FECHA: 29-04-2024	



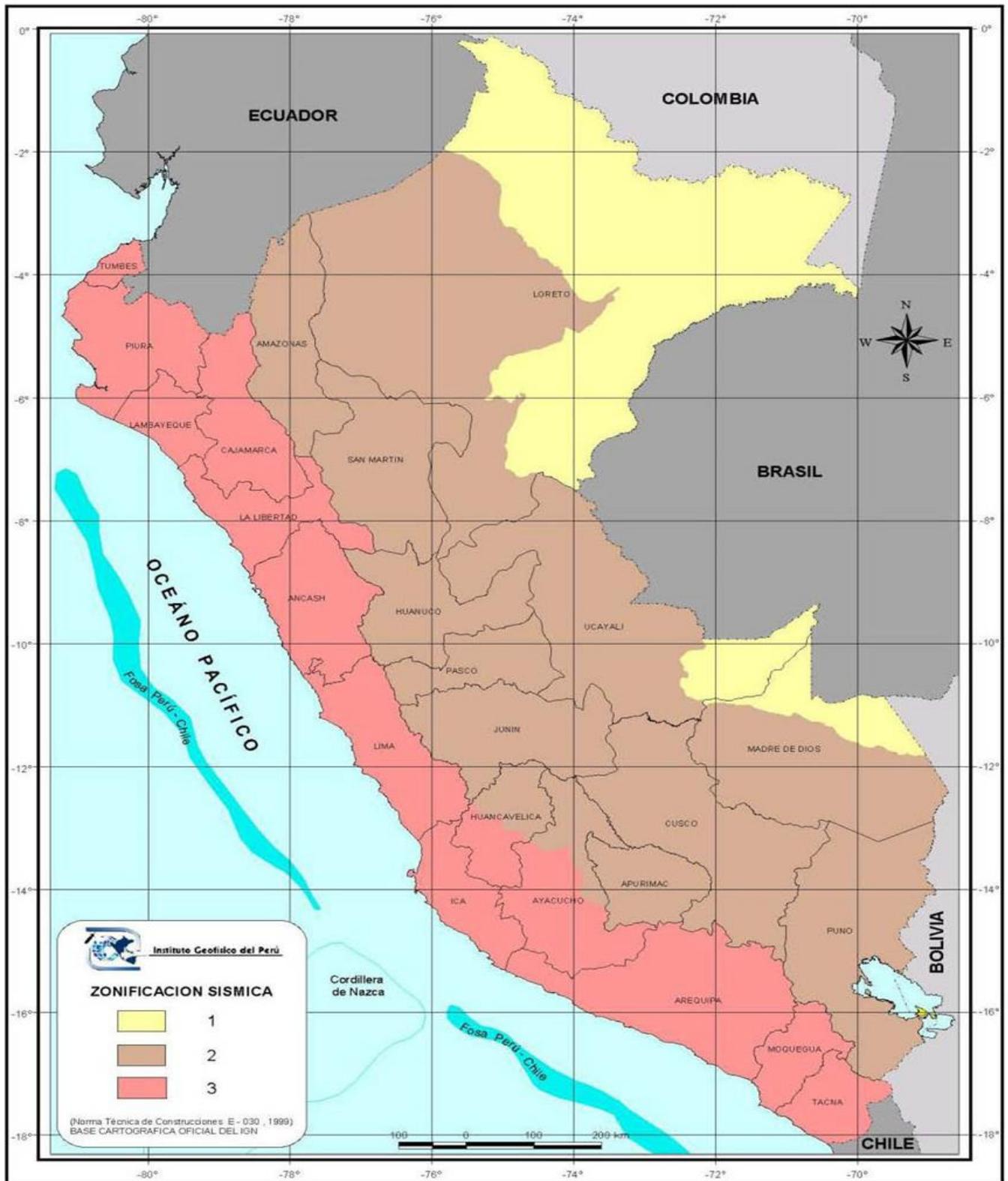
	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN		PLANO N°: A - 2
	TÍTULO: PLANO DE UBICACIÓN		
DIBUJO: Bach. Jhojan Jims, LUCAS JIMENEZ	ESCALA: GRÁFICA	FECHA: 29-04-2024	



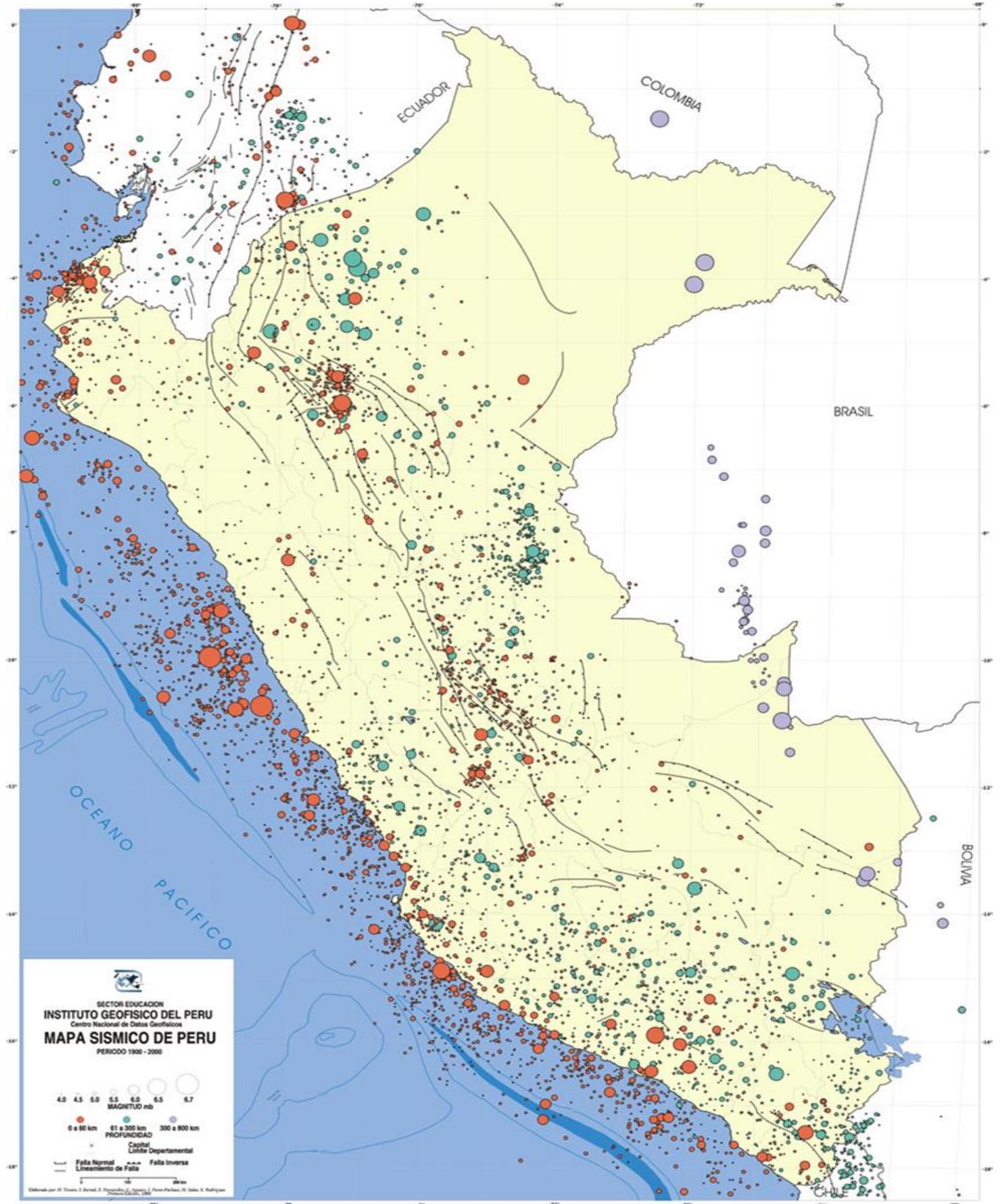
	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION			PLANO N°: A - 3
	TITULO: PLANO DE UBICACIÓN			
	DIBUJO: Bach. Jhojan Jims, LUCAS JIMENEZ	ESCALA: GRAFICA	FECHA: 29-04-2024	



	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN			PLANO N°: A - 4
	TÍTULO: PLANO TOPOGRFICO REGIONAL			
	DIBUJO: Bach. Jhojan Jims, LUCAS JIMENEZ	ESCALA: 1/1000000	FECHA: 29-04-2024	



	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN			PLANO N°:	
	TITULO: MAPA DE ZONIFICACIÓN SISMICA				A - 6
	DIBUJO: Bach. Jhojan Jims, LUCAS JIMENEZ	ESCALA: GRAFICA	FECHA: 29-04-2024		



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

TITULO:
MAPA SISMICO DEL PERU

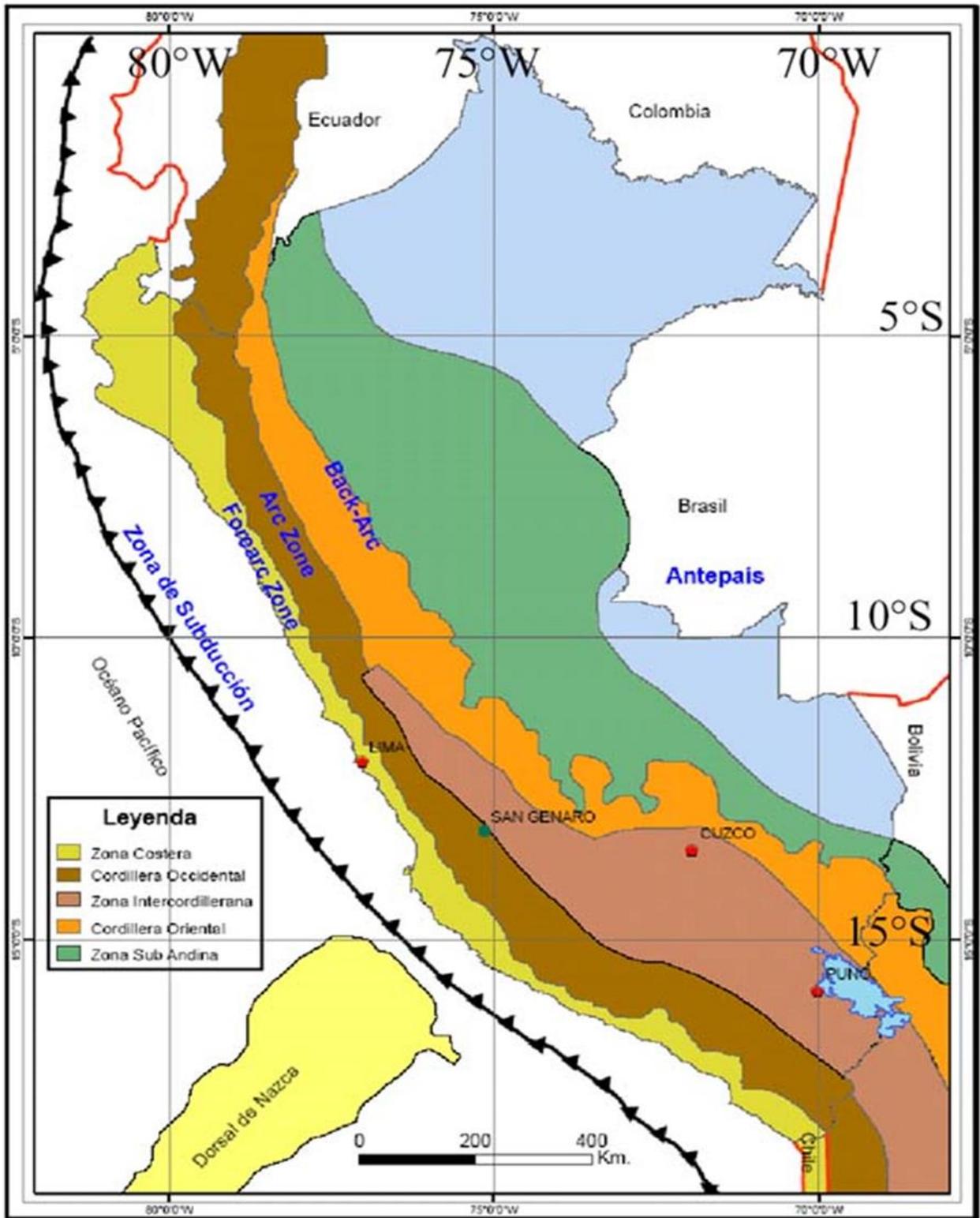
PLANO N°:

DIBUJO:
Bach. Jhojan Jims, LUCAS JIMENES

ESCALA:
GRAFICA

FECHA:
29-04-2024

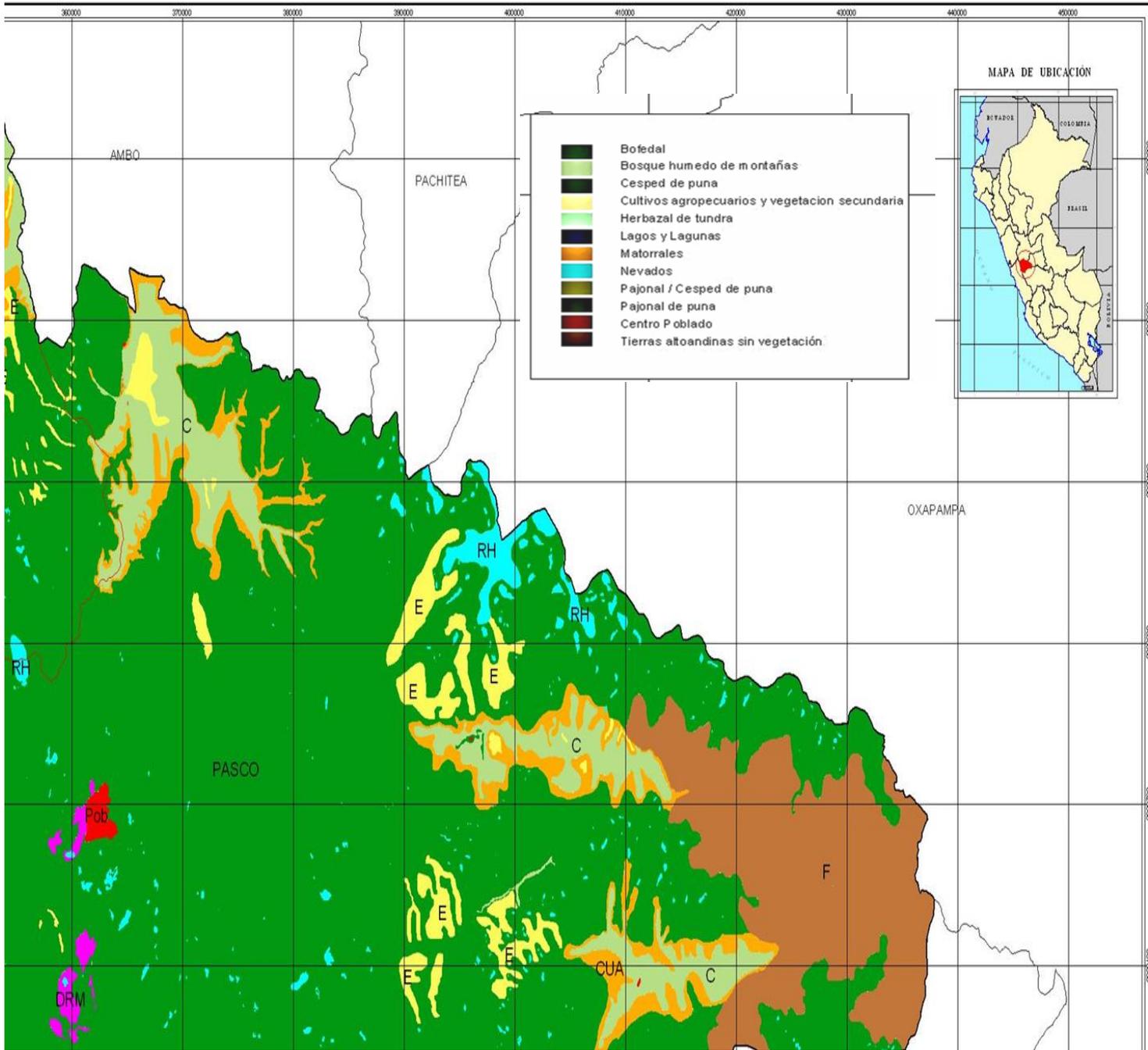
A - 7



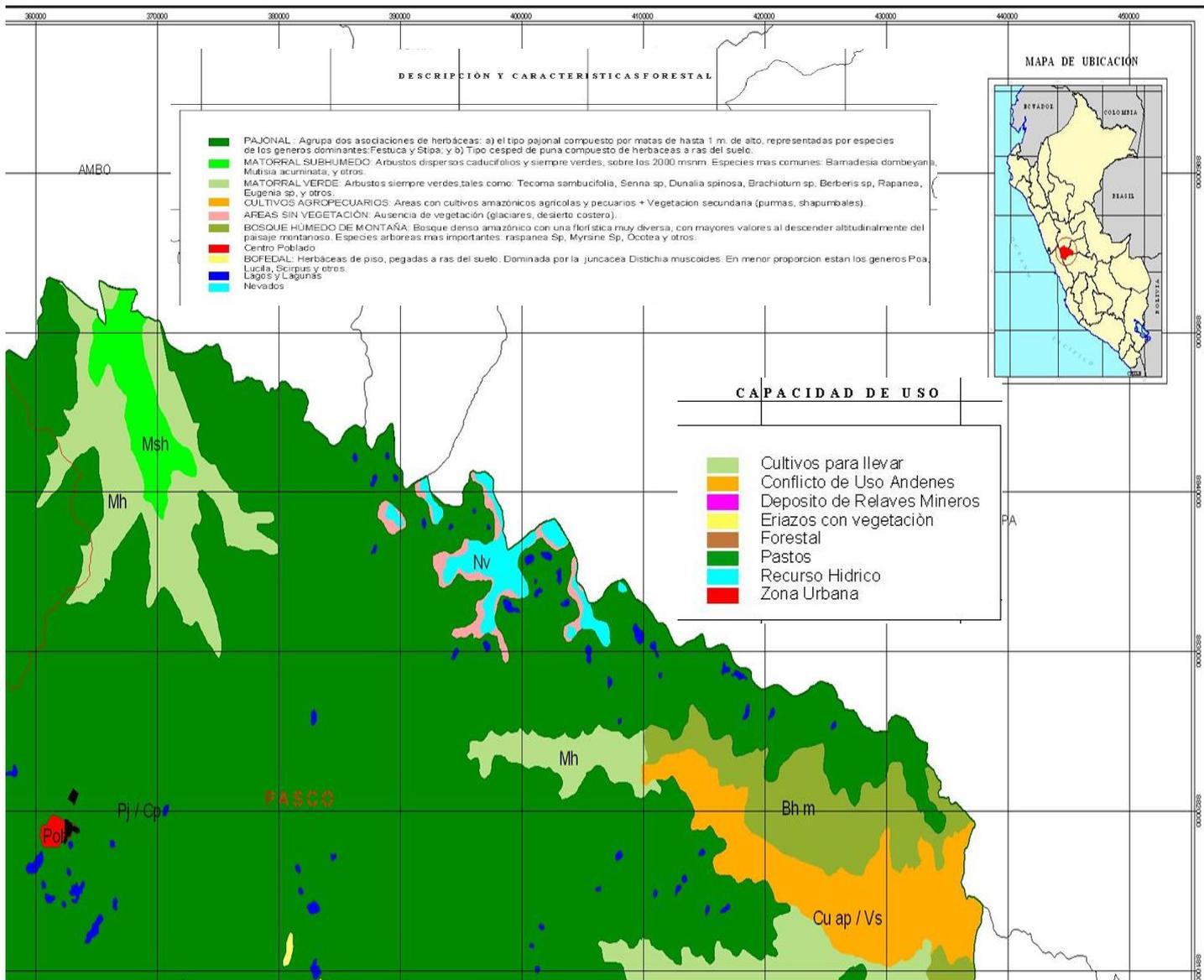
	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN			PLANO N°:
	TÍTULO: MAPA ECOLOGICO			A - 8
DIBUJO: Bach. Jhojan Jims, LUCAS JIMENES		ESCALA: GRAFICA	FECHA: 29-04-2024	



	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION			PLANO N°:
	TITULO: MAPA ECOLOGICO			A - 9
	DIBUJO: Bach. Jhojan Jims, LUCAS JIMENEZ	ESCALA: GRAFICA	FECHA: 29-04-2024	



	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN			PLANO N°: A - 10
	TÍTULO: MAPA ECOLOGICO REGIONAL			
	DIBUJO: Bach. Jhojan Jims, LUCAS JIMENEZ	ESCALA: GRAFICA	FECHA: 29-04-2024	



	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN			PLANO N°: A - 11
	TITULO: MAPA DE USO DE TIERRAS ACTUALES		ESCALA: GRAFICA	
DIBUJO: Bach. Jhojan Jims, LUCAS JIMENEZ				



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES Carrión
LABORATORIO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA AMBIENTAL

**RESULTADO DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LA MUESTRA DE SUELO
EN EL YACIMIENTO MINERO STAR MINING COMPANYY**

Elementos Químicos Analizados	ECAs de suelo	Valor reportado del análisis
Fostoro (P)	35	30
Azufre (S)	15	25
Zinc (Zn)	200	156
Hierro (Fe)	20	30
Manganeso (Mn)	11	10
Cobre (Cu)	60	58
Potasio (K)	220	210
Calcio (Ca)	1400	1600
Magnesio (Mg)	120	130
Sodio (Na)	120	118
Arsénico (As)	50	37
Cadmio (Cd)	2	1
Molibdeno (Mo)	5	4
Níquel (Ni)	100	98
Plomo (Pb)	150	89
Selenio (Se)	2	1

Cerro de Pasco, 03 de abril del 2024

Ing. Julio Antonio Asto Liñan
Ingeniero Químico

II. ANEXO: FOTOGRÁFICO

Imagen 1. Componente Suelo - marcado de calicatas



Fuente: Elaboración propia

Imagen 2. Componente Suelo



Fuente: Elaboración propia

Imagen 3. Componente Aire - Medición de Dirección del Viento



Fuente: Elaboración propia

Imagen 4. Topografía del Área



Fuente: Elaboración propia

Imagen 5. Topografía del Área



Fuente: Elaboración propia

Imagen 6. Componente Agua - Formación de Lagunillas Temporales en Épocas de Lluvia



Fuente: Elaboración propia

Imagen 7. Componente Agua – Huellas de Lagunillas Temporales en épocas de verano



Fuente: Elaboración propia

Imagen 8. Componente Flora - La Zona es Característico de la Región Puna por la Presencia de Ichu. verano



Fuente: Elaboración propia

Imagen 9. Componente Flora - La flor para para es una de las flores más virtuosas de la zona alto andina



Fuente: Elaboración propia

Imagen 10. Componente Flora - Helechos comunes, son capaces de sobrevivir en zonas rocosas donde forman un microclima



Fuente: Elaboración propia

Imagen 11. Componente Flora - Se puede encontrar en las zonas rocosas.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 12. Componente Socioeconómico - Presencia de ganado Ovino, la ganadería es la fuente económica de los pobladores del lugar.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 13. Componente Socioeconómico - Presencia de Ganado Auquénido



Fuente: Elaboración propia

Imagen 14. Componente Socioeconómico - Presencia de Ganado Auquénido



Fuente: Elaboración propia

Imagen 15. Componente Interés Humano - Nevado Huaguruncho, es uno de los nevados más atractivos del Perú, se encuentra ubicado aproximadamente a 22 Km. de SMC N° 3.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 16. Componente Interés Humano - Nevado Huaguruncho al amanecer



Fuente: Elaboración propia

Imagen 17. Pasivo – bocamina 1



Fuente: Elaboración propia

Imagen 18. Pasivo – bocamina 2



Fuente: Elaboración propia

Imagen 19. Pasivo – Tajeo “A” (Plano 10)



Fuente: Elaboración propia

Imagen 20. Pasivo – Desmonte del Tajeo” A” (Plano N° 10)



Fuente: Elaboración propia

Imagen 21. Pasivo – Tajeo “B” (Plano N° 11)



Fuente: Elaboración propia

Imagen 22. Pasivo – Tajeo “B” (Plano N° 11)



Fuente: Elaboración propia

Imagen 23. SOCIOECONÓMICO. La atención de enfermedades comunes es atendida en la Posta Médica del MINSA, localizada en el centro poblado de Ticlacayan.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 24. SOCIOECONÓMICO. Local Comunal de Ticlacayan.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 25. SOCIOECONÓMICO. Las clases la imparte el ministerio de educación, la comunidad campesina de Ticlacayan cuenta con locales para la escuela primaria y secundaria.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 25. SOCIOECONÓMICO. La Comunidad Campesina de Ticlacayan cuenta con locales para la escuela primaria y secundaria.



Fuente: Elaboración propia