

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



T E S I S

**Evaluación del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) adaptado en la
relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera
Atacocha; distrito Yanacancha-2024**

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

Autor:

Bach. David Orlando INGA CRUZ

Asesor:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA

Cerro de Pasco – Perú - 2024

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



T E S I S

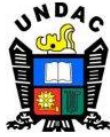
**Evaluación del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) adaptado en la
relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera
Atacocha; distrito Yanacancha-2024**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Eleuterio Andrés ZAVALTA SANCHEZ
PRESIDENTE

Mg. Lucio ROJAS VITOR
MIEMBRO

Mg. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA
MIEMBRO



**Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación**

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 156-2024-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:

**Evaluación del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) adaptado en la
relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad
Minera Atacocha; distrito Yanacancha-2024**

Apellidos y nombres de los tesisas:

Bach. INGA CRUZ, David Orlando

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. PACHECO PEÑA, Luis Alberto

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

19 %

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 22 de julio del 2024



Firmado digitalmente por MEJIA
CACERES Reynaldo FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22.07.2024 10:18:18 -05:00

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón a mi padre Efren Javier INGA ATENCIO , mi madre Elizabeth Geovanna CRUZ BORJA , mi hermano hermanas, sobrinos y a mi hijo noah eydan david INGA QUINTO por su apoyo incondicional durante todo este camino . Sin ayuda de ellos este logro no habría sido posible

AGRADECIMIENTO

El reconocimiento a mi asesor, tutor de tesis a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental por su inestimable orientación y apoyo constante. Sus perspicaces comentarios y su incansable búsqueda de la excelencia han sido un faro de luz en el proceso de investigación. Ha sido un honor y un privilegio aprender bajo su tutela

RESUMEN

En la actualidad la Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha tiene hasta 3 depósitos de relaves, para nuestro caso la relavera de Chicrín ubicado aguas debajo de la población de Chicrín, aguas arribas de la población de Cajamarquilla y asimismo con más referencia se encuentra al contorno de la carretera que une Cerro de Pasco con Huánuco, esta relavera estuvo en operación en los años 1990 hasta el 1995, como plan de mitigación la Unidad Minera Atacocha utilizo la especie de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) sembrado en todo el área superficial de la relavera, donde se puede observar que esta especie se adaptó pero también se pudo observar que sus tallos son bastante delgados hasta la fecha se desconocía su adaptabilidad y contenido metálico dentro de estas especies por lo que es materia de investigación de esta presente estudio.

La investigación se tiene como objetivo principal es determinar la adaptabilidad del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha-2024.

Finalizada la investigación se pudo determinar que en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) adaptado en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A de acuerdo al ensayo realizado se evidencia la presencia de metales pesados en el tallo y hojas. Los Eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) adaptados en la relavera Chicrín para la actividad minera es adecuada y cumple los requisitos para el Plan de Cierre, ya como se evidencio estas especies se adoptaron a las condiciones del clima, al relave, asimismo se evidencio que no genera lixiviados en la zona. El área de sembrío y adaptabilidad que ocupa el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha supera 42000 m². Por otro lado el tiempo de sembrado el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha, supera 25 años.

Palabras claves: Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), depósitos de relaves, Unidad Minera Atacocha y metales pesados.

ABSTRACT

Currently, Nexa Resources S.A-Atacocha Mining Unit has up to 3 tailings deposits, in our case the Chicrín tailings dam located downstream of the town of Chicrín, upstream of the town of Cajamarquilla and also with more reference is located around the contour. of the highway that connects Cerro de Pasco with Huánuco, this tailings dam was in operation in the years 1990 until 1995, as a mitigation plan the Atacocha Mining Unit used the species of Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) planted throughout the surface area of the tailings dam , where it can be seen that this species adapted but it could also be observed that its stems are quite thin. To date, its adaptability and metallic content within these species was unknown, which is why it is the subject of research in this present study.

The main objective of the research is to determine the adaptability of the Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) in the Chicrín tailings dam. belonging to Nexa Resources S.A-Atacocha Mining Unit; Yanacancha district-2024.

Once the investigation was completed, it was determined that the Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) adapted to the Chicrín tailings dam. belonging to Nexa Resources S.A. According to the test carried out, the presence of heavy metals in the stem and leaves is evident. The Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) adapted in the Chicrín tailings dam for mining activity is suitable and meets the requirements for the Closure Plan, since as evidenced these species were adopted to the climate conditions, the tailings, it was also evidenced that it does not generate leachates in the area. The planting area and adaptability occupied by the Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) in the Chicrín tailings dam. belonging to Nexa Resources S.A-Atacocha Mining Unit; Yanacancha district exceeds 42,000 m². On the other hand, the planting time of the Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) in the Chicrín tailings dam. belonging to Nexa Resources S.A-Atacocha Mining Unit; Yanacancha district, exceeds 25 years.

Keywords: Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), tailings deposits, Atacocha Mining Unit and heavy metals.

INTRODUCCIÓN

Desde que se realizó el sembrío de la especie de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha se desconoce de información de cual es adaptabilidad y contenido metálico que capto en esta relavera, por lo que es de importancia la información a fin de ser aplicado en otras relaveras a ser tratados. Para nuestra investigación se recopiló información del año que fue sembrado el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín, para posterior tomar muestras de tallos y hojas para ser enviado a un laboratorio acreditado pro INACAL, para posterior interpretar su contenido metálico. La investigación es de mucha importancia a fin de conocer si esta especie de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) se puede utilizar en otros relaveras que aún falta ser protegidos y área para su estabilidad ecológica..

La ubicación La ubicación administrativa de la relavera Chicrín perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha queda ubicado en el distrito Yanacancha de la provincia de Pasco, específicamente en el kilómetro 333 de la carretera central.

El tipo de investigación para nuestra evaluación está determinado Según Sampieri (2011) la investigación descriptiva busca “especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis”. Para ello en nuestra investigación se realizará la evaluación del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) adaptado en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A.

.El autor

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE MAPAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE IMÁGENES	
ÍNDICE DE GRAFICOS	
ÍNDICE DE FIGURAS	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.3.	Formulación del problema	2
1.3.1.	Problema general	2
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
1.5.1.	Justificación teórica.....	3
1.5.2.	Justificación Metodológica	4
1.5.3.	Justificación Ambiental	4
1.5.4.	Justificación Social.....	4
1.6.	Limitaciones de la investigación	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	5
2.1.1.	Antecedentes Internacional.....	5
2.1.2.	Antecedente a nivel nacional	7
2.1.3.	Antecedentes a nivel local	9

2.2.	Bases teóricas - científicas.....	9
2.3.	Definición de los términos básicos.....	13
2.4.	Formulación de hipótesis.....	14
2.4.1.	Hipótesis general.....	14
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	14
2.5.	Identificación de variables.....	14
2.5.1.	Variable independiente.....	14
2.5.2.	Variable dependiente.....	14
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	14

CAPÍTULO III

MÉTODOLÓGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	16
3.2.	Nivel de la investigación.....	16
3.3.	Métodos de investigación.....	16
3.4.	Diseño de la investigación.....	17
3.5.	Población y muestra.....	17
3.5.1.	Población.....	17
3.5.2.	Muestra.....	17
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.6.1.	Técnicas.....	17
3.6.2.	Instrumentos.....	17
3.7.	Técnicas de procesamientos y análisis de datos.....	17
3.8.	Tratamiento estadístico.....	18
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	18

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	19
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	27
4.3.	Prueba de hipótesis.....	36
4.4.	Discusión de resultados.....	37

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE MAPAS

	Página.
Mapa 1. Ubicación de la relavera Chicrin en el distrito de Yanacancha – provincia de Pasco	20
Mapa 2. Evaluación de las características químicas de la relavera Chicrín.....	24
Mapa 3. Estación de monitoreo.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Definición operacional de variables e indicadores	15
Tabla 2. Situación de Canchas de Relave de Chicrín	21
Tabla 3. Balance Ácido-Base de las Muestras	22
Tabla 4. Balance Ácido-Base de las Muestras	22
Tabla 5. Estación de monitoreo.....	27
Tabla 6. Resultado de metales pesados en el Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) en la relavera Chicrín	31

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Página.
Imagen 1. Vista de especies de Eucaliptus en la relavera Chicrín	25
Imagen 2. Vista de especies de Eucaliptus en la relavera Chicrín y al contorno de la relavera.....	26
Imagen 3. Vista de especies de Eucaliptus en la relavera Chicrín y al contorno de la relavera.....	26
Imagen 4. Recolección de muestras de tallo y hojas.....	28
Imagen 5. Recolección de muestras de tallo y hojas.....	28
Imagen 6. Preservado y enviado para su análisis a laboratorio acreditado	29

ÍNDICE DE GRAFICOS

	Página.
Gráfico 1. Presencia de Aluminio en el Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) en la relavera Chicrín	32
Gráfico 2. Presencia de Arsénico en el Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) en la relavera Chicrín	32
Gráfico 3. Presencia de Calcio en el Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) en la relavera Chicrín	33
Gráfico 4. Presencia de Cobre en el Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) en la relavera Chicrín	34
Gráfico 5. Presencia de fosforo en el Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) en la relavera Chicrín	34
Gráfico 6. Presencia de Plomo en el Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) en la relavera Chicrín	35
Gráfico 7. Presencia de Zinc en el Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) en la relavera Chicrín.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1. Vista de Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>).....	10
Figura 2. Ubicación de la relavera Chicrín	11

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El aumento continuo de la población humana ocasiona día a día problemas al medio ambiente, con la presencia de sustancias diversas, entre los que se incluyen a la basura, pesticidas, aguas servidas, gases tóxicos y relaves mineros entre otros, los que vienen ocasionando alteraciones en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas. Así, por ejemplo, las actividades mineras y metalúrgicas practicadas en la mayor parte de países de nuestro planeta han contaminado el suelo, el aire y el agua de una gran cantidad de regiones con diferentes elementos potencialmente tóxicos como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y zinc. El diagnóstico más reciente es que muchos de estos elementos contaminantes se hallan almacenados en unos depósitos conocidos como relaveras (Huaranga Félix, 2021).

Los relaves consisten en gran parte de roca molida y agua, pero también contienen los químicos aplicados en el proceso de beneficio y partículas de metales pesados como cianuro, arsénico, plomo, cadmio, zinc y mercurio, entre otros. Además de estos contaminantes, existe la posibilidad de

que ciertos elementos de los relaves reaccionen cuando entran en contacto con agua y oxígeno, generando ácido. Por estas características potencialmente tóxicas, los relaves tienen que permanecer resguardados en infraestructuras herméticamente cerradas. Estas infraestructuras se llaman depósitos de relaves o relaveras (Karolien van Teijlingen, 2019).

Los relaves al ser material inorgánico con contenido metálico al estar no protegido generan lixiviados que afecta a la flora, fauna y recursos hidrológicos agua abajo afectando en su calidad, por otro lado, genera material particulado que afecta al entorno donde se encuentra.

En la actualidad la Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha tiene hasta 3 depósitos de relaves, para nuestro caso la relavera de Chicrin ubicado aguas debajo de la población de Chicrin, aguas arribas de la población de Cajamarquilla y asimismo con más referencia se encuentra al contorno de la carretera que une Cerro de Pasco con Huánuco, esta relavera estuvo en operación en los años 1990 hasta el 1995, como plan de mitigación la Unidad Minera Atacocha utilizo la especie de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) sembrado en todo el área superficial de la relavera, donde se puede observar que esta especie se adaptó pero también se pudo observar que sus tallos son bastante delgados, por lo que a la fecha se desconoce su adaptabilidad y contenido metálico dentro de estas especies por lo que es materia de investigación de esta presente estudio.

1.2. Delimitación de la investigación

La investigación será realizada en la relavera de Chicrin a 300 metros aguas debajo de la población de Chicrin del distrito de Yanacancha.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la adaptabilidad del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera

Atacocha; distrito Yanacancha-2024?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuál es el contenido metálico del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) adaptado en la relavera Chicrín perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha?.

¿Cuál es el área que ocupa el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha?

¿Qué tiempo se tiene sembrado el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la adaptabilidad del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha-2024.

1.4.2. Objetivos específicos

Evaluar el contenido metálico del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) adaptado en la relavera Chicrín perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha.

Determinar el área que ocupa el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha.

Identificar el tiempo de sembrado el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

Desde que se realizó el sembrío de la especie de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín, perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha se desconoce de información de cual es adaptabilidad y contenido metálico que capto en esta relavera, por lo que es de importancia la información a fin de ser aplicado en otras relaveras a ser tratados.

1.5.2. Justificación Metodológica

Para nuestra investigación se recopiló información del año que fue sembrado el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín, para posterior tomar muestras de tallos y hojas para ser enviado a un laboratorio acreditado pro INACAL, para posterior interpretar su contenido metálico.

1.5.3. Justificación Ambiental

La investigación es de mucha importancia a fin de conocer si esta especie de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) se puede utilizar en otras relaveras que aún falta ser protegidos y área para su estabilidad ecológica.

1.5.4. Justificación Social

Con la presente investigación la comunidad científica e instituciones interesados en el velado por el medio ambiente estarán informados con los resultados que se lograra.

1.6. Limitaciones de la investigación

La limitación principal es el acceso permitido a toda el área de la relavera Chicrin, perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes Internacional

(Palma David, 2015) Cambios en las propiedades del suelo en plantaciones de Eucalipto de Tabasco, México en su investigación como resumen menciona El texto proporciona una visión detallada sobre cómo las plantaciones de eucalipto se presentan como una alternativa viable para la reforestación en el sureste de México, específicamente en la sabana de Huimanguillo, Tabasco. El objetivo principal del estudio fue analizar cómo estas plantaciones afectan las propiedades químicas y físicas del suelo en la región. Para llevar a cabo la investigación, se seleccionaron cuatro plantaciones comerciales de eucalipto con diferentes edades, además de un pastizal natural y un área de vegetación secundaria (acahual), totalizando seis sitios de estudio. Se realizaron muestreos de suelos a dos profundidades (0-10 cm y 10-30 cm) en cada sitio para evaluar varios parámetros, incluyendo materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro y la textura del suelo. Los resultados muestran que los sitios de estudio se

clasifican en tres subunidades de suelo distintas: Acrisol Hiperdistri-Férrico para el pastizal natural y las plantaciones de eucalipto más antiguas (8.4 años), Acrisol Plíntico para el acahual y las plantaciones de eucalipto de mediana edad (5.3 y 4.3 años), y Acrisol Férrico para la plantación de eucalipto más joven (3.6 años). Se encontró que las plantaciones de eucalipto, el acahual y el pastizal natural han logrado conservar la materia orgánica del suelo, principalmente gracias al aporte de hojarasca. No se observaron cambios significativos en las propiedades químicas de los suelos Acrisoles debido al uso de estos sitios para plantaciones. Sin embargo, se recomienda la aplicación de fertilizantes que contengan nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio para mantener la fertilidad del suelo y garantizar la sustentabilidad de las futuras plantaciones de eucalipto. Además, se destaca que la textura del suelo en la región permite un buen drenaje superficial, lo cual es beneficioso para el crecimiento óptimo del eucalipto. Esto sugiere que las plantaciones de eucalipto pueden ser una opción efectiva para la reforestación en el contexto específico de la sabana de Huimanguillo en Tabasco, México.

(Roberto Pizarro, 2016) Especies forestales para la recuperación de suelos contaminados con cobre debido a actividades mineras, en su investigación como resumen menciona El texto aborda la situación de la minería como la actividad económica principal en Chile, destacando su impacto significativo en las regiones áridas, específicamente en la Región de Coquimbo. Se menciona que los suelos de esta región han sido afectados por la contaminación de metales pesados, principalmente cobre, provenientes de la actividad minera. El estudio se enfoca en la implementación de medidas para minimizar el impacto ambiental de los relaves mineros, específicamente explorando la capacidad de adaptación de especies vegetales ante la degradación causada por la contaminación de suelos. El objetivo principal fue determinar y comparar la capacidad de fitoestabilización de especies vegetales

nativas y exóticas en áreas degradadas por la minería en la Región de Coquimbo. Se realizaron dos ensayos experimentales donde se evaluaron las tasas de supervivencia, crecimiento y desarrollo del dosel de 20 especies vegetales. Además, se midió la concentración de cobre en tallos y hojas de los árboles, así como en diferentes profundidades del suelo. Los resultados destacaron que *Acacia saligna* mostró la mejor capacidad de acumulación de metales pesados, con concentraciones de 34.8 ppm en hojas y 12.3 ppm en tallos en suelos sin fertilización. Esta especie también exhibió tasas de supervivencia superiores al 80%. En conclusión, el estudio determinó que *Acacia saligna* es la especie más adecuada para actividades de fitoestabilización en relaves mineros de la Región de Coquimbo, debido a su capacidad para acumular metales pesados y mantener altas tasas de supervivencia en condiciones adversas.

2.1.2. Antecedente a nivel nacional

(Cornejo Antonio , 2022) Efecto del bosque de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y Aliso (*Alnus glutinosa*) en la calidad del suelo: Jesus - Lauricocha 2021 en su investigación como resumen menciona El texto discute el uso predominante de plantaciones de eucalipto en las zonas altas de la provincia, destacando su creciente aceptación en el mercado nacional como madera, lo que lo convierte en una opción muy prometedora. Por otro lado, menciona que el aliso es una especie forestal que crece naturalmente en forma de bosquecillos, beneficiando al suelo al fijar nitrógeno y siendo importante para varios usos locales. El estudio de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de las plantaciones de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y Aliso (*Alnus glutinosa*) en la calidad del suelo en la zona de Jesús, provincia de Lauricocha. El método utilizado fue explicativo, con un diseño no experimental y muestreo por conveniencia de media hectárea. Se emplearon diversos materiales, insumos e instrumentos de laboratorio para analizar las propiedades del suelo.

Los resultados indicaron que las plantaciones de eucalipto no mejoran las propiedades químicas del suelo en comparación con las plantaciones de aliso. Además, se encontró que el efecto de ambos tipos de bosques sobre las propiedades físicas del suelo es estadísticamente similar, ya que presentan la misma clase textural. Estas texturas del suelo son importantes para el crecimiento de las plantas debido a su influencia en la aireación, infiltración de agua, capacidad de retención de agua y nutrientes, así como en la permeabilidad del suelo. Se concluye que los suelos estudiados son fértiles y tienen importancia para el desarrollo óptimo tanto del bosque de eucalipto como del bosque de aliso, así como para otras plantaciones forestales. Se recomienda realizar investigaciones comparativas adicionales entre campos de eucalipto y aliso para continuar mejorando el suelo y crear un microclima favorable para la flora y fauna local.

(Huaman Aaron , 2020) Evaluación de la adaptabilidad de las especies *Stipa ichu* y *chrysopogon zizanioides* en los relaves mineros de San José de Parac - San Mateo, Lima en su investigación como resumen menciona El texto menciona que la minería ha generado numerosos sitios de disposición de relaves que requieren ser remediados. El objetivo de la investigación fue evaluar la adaptabilidad de las especies *Stipa ichu* y *Chrysopogon zizanioides* en los relaves mineros del Centro Poblado San José de Parac, Lima. Para esto, se utilizaron enmiendas orgánicas con diferentes concentraciones en cada tratamiento, con 5 repeticiones para cada especie. Se realizaron mediciones a los 1, 30, 60 y 90 días después de la siembra. Los resultados indican que *Stipa ichu* tuvo el mayor crecimiento promedio en el tratamiento T1 (36 cm) y el menor en el T4 (32 cm). Por otro lado, *Chrysopogon zizanioides* alcanzó la mayor altura promedio en el tratamiento T4 (69.5 cm), mientras que la menor altura se registró en el tratamiento T1 (56 cm). En conclusión, según los resultados obtenidos, la especie *Chrysopogon zizanioides* demostró una

mayor adaptabilidad en los diferentes tratamientos evaluados en los relaves mineros del Centro Poblado San José de Parac, Lima.

2.1.3. Antecedentes a nivel local

(Barzola Elizabeth , 2019) Especies forestales para la recuperación de suelos contaminados con cobre debido a actividades mineras en su investigación como resumen menciona El texto enfatiza que la remediación de Pasivos Ambientales Mineros (PAM) es un problema global presente en todos los países donde se ha desarrollado la minería. Se atribuye esta situación a la falta de tecnología ambiental, manejo operativo inadecuado y normativa ambiental débil en el pasado, lo cual ha resultado en impactos ambientales prolongados que afectan tanto al ecosistema como a la salud de las poblaciones locales. En respuesta a esta problemática, el Estado peruano ha asumido responsabilidades desde 1995 para abordar estos pasivos. Hasta el año 2018, se identificaron un total de 8,794 pasivos ambientales en todo el país, según la R.M. N° 224-2018 MEM-DM. De estos, se priorizaron 1,067 PAM para su remediación mediante la empresa estatal de derecho privado Activos Mineros S.A.C (AMSAC). Este texto subraya la magnitud del desafío de los PAM en Perú, destacando los esfuerzos continuos del Estado peruano para mitigar los efectos negativos heredados de décadas de prácticas mineras que no consideraron adecuadamente las consecuencias ambientales y sociales.

2.2. Bases teóricas - científicas

Eucalipto (Eucalyptus globulus)

Árbol perennifolio que puede alcanzar los 50 m de altura, con un ritidoma que se desprende en tiras longitudinales. Tiene hojas de dos tipos: en la plantas jóvenes o en ramas que brotan de la cepa son opuestas, ovales y sésiles, mientras que en los árboles crecidos se hacen alternas, más o menos coriáceas, con un limbo asimétrico en forma de hoz (falciforme), pecioladas y

colgantes (el árbol da poca sombra). Tanto unas como otras tienen características glándulas secretoras en el mesofilo, que son visibles al trasluz como puntos más claros. Las flores, solitarias en las axilas de las ramas superiores, son grandes, tetrámeras, con cáliz y corola fusionados formando una tapadera (opérculo) leñosa, que se cae en la floración, dejando al descubierto un elevado número de estambres con filamentos de color cremoso claro, muy vistosos. El ovario, ínfero, fructifica en una cápsula leñosa dehiscente por 4-5 valvas. Florece durante el otoño y el invierno. Forma vital: Fanerófito (G. Renobales & J. Sallés, 2001).

Figura 1. Vista de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)



Qué son los relaves mineros

Los relaves son una de las consecuencias más peligrosas de la minería, pues son un conjunto de desechos mineros, usualmente constituidos por rocas molidas, agua y minerales ganga. Bajo este contexto, el Hub de

Innovación Minera y sus socios, buscan prevenir y revalorizar relaves producidos en sus operaciones para mitigar el impacto nocivo en el medio ambiente (Economía, 2023).

Relavera Chicrin

La relavera Chicrin tiene una extensión de 35000 m² de área esta se encuentra ubicada a la margen derecha de la carretera Central de la via Cerro de Pasco -Huánuco lo cual fue utilizado para el depósito de relaves en el años 90 del siglo pasado, en la actualidad sobre ella se tiene plantaciones de Eucalitos como medida de cierre.

Figura 2. Ubicación de la relavera Chicrín



Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha

Nexa Resources Atacocha S.A.A., previamente Compañía Minera Atacocha S.A.A. es una empresa basada en Perú, que es principalmente dedicada ala Compañía Minera Atacocha, es una empresa, dedicada a la

explotación de minas, a la comercialización de minerales y a la adquisición de concesiones mineras, de agua y terrenos. La empresa esta principalmente concentrada en la operación de la planta de tratamiento y centro minero localizadas en los distritos de San Francisco de Asis de Yarusyacan y Yanacancha, en la provincia Pasco. También esta activa en la generación de electricidad. El accionista más grande de la empresa es la Compañía Minera Milpo S.A.A. Atacocha, cuenta además con una planta concentradora y dos hidroeléctricas, Marcopampa y Chicrín. Minera Atacocha fue fundada en 1936 y sus exportaciones de Plomo son dirigidas exclusivamente a Corea del Sur (Nexa Resources, 2022).

¿Qué es la Fitorremediación?

La **fitorremediación** es el empleo de plantas y sus microorganismos asociados para la mejora funcional y recuperación de suelos contaminados. Este método se basa en los procesos naturales mediante los cuales las plantas y la microbiota asociada a sus raíces degradan y/o secuestran los contaminantes (Pilon Smits , 2005).

FITOEXTRACCIÓN

La planta absorbe los contaminantes (principalmente metales traza) a través de las raíces y los acumula en grandes cantidades en la biomasa aérea retirándose los contaminantes del suelo a través de su cosecha. Cuando el metal fitoextraído puede ser recuperado de la biomasa (biomasa), obteniendo un beneficio económico, el proceso se denomina fitominería (Pilon Smits , 2005).

FITOESTABILIZACIÓN

Mediante distintos mecanismos, la planta es capaz de secuestrar o inmovilizar los contaminantes en la raíz y/o en su zona de influencia. Este proceso limita la migración y biodisponibilidad de los contaminantes y, por tanto, reduce significativamente los posibles efectos adversos al medio ambiente y su transferencia a la cadena trófica (Pilon Smits , 2005).

RIZODEGRADACIÓN

Las raíces de las plantas liberan ciertos compuestos (exudados) al

suelo de su entorno (rizosfera), estimulando la supervivencia, el crecimiento y la actividad de los microorganismos de la rizosfera que degradan los contaminantes orgánicos. La eficiencia de esta tecnología puede ser incrementada incorporando microorganismos con capacidad de degradar contaminantes orgánicos o de aumentar su biodisponibilidad (bioaumentación) y/o mediante la adición de compuestos para estimular los procesos de la simbiosis planta-microorganismo “bioestimulación” (Pilon Smits , 2005).

FITVOLATILIZACIÓN

Algunas plantas captan contaminantes (como el selenio o algunos xenobióticos orgánicos) y los liberan en una forma menos tóxica a la atmósfera a través de la transpiración. Dentro de la planta el contaminante es transformado o degradado antes de ser liberado (Pilon Smits , 2005).

2.3. Definición de los términos básicos

Absorción.-

Proceso por el cual una sustancia tóxica atraviesa las membranas de las células de un organismo a través de la piel, pulmones, tracto digestivo o branquias y luego es transportado hacia otros órganos (MINAM, 2019).

Bioacumulación.-

Concentración resultante acumulada en el ambiente o en los tejidos de organismos a partir de la incorporación, distribución y eliminación de contaminantes obtenidos por todas las rutas de exposición por ejemplo por aire, agua, suelo, sedimento y alimento (MINAM, 2019).

Concentración.-

La relación de una sustancia disuelta o contenida en una cantidad dada de otra sustancia (MINAM, 2019).

Contaminación.-

Distribución de una sustancia química o una mezcla de sustancias en un lugar no deseable (aire, agua, suelo), donde puede ocasionar efectos adversos al ambiente o sobre la salud (MINAM, 2019).

Contaminante.-

Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente (MINAM, 2019).

Evaluación de efectos.-

Análisis e inferencia de las posibles consecuencias en un organismo blanco específico, población o ecosistema, por la exposición a un factor en particular y basado en el conocimiento de la relación causa-efecto (MINAM, 2019).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Se evidencia la adaptabilidad del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín . perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha-2024.

2.4.2. Hipótesis específicas

El contenido metálico del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) adaptado en la relavera Chicrín perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha contiene Pb, Cu, Zn.

El área que ocupa el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha supera 10000 m².

El tiempo de sembrado el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha, supera 25 años.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

La adaptabilidad del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*).

2.5.2. Variable dependiente

Relavera Chicrín

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Definición operacional de variables e indicadores

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES E INDICADORES	INDICADORES
Variable Independiente La adaptabilidad del Eucalipto (Eucalyptus globulus)	Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) Árbol perennifolio que puede alcanzar los 50 m de altura, con un ritidoma que se desprende en tiras longitudinales. Tiene hojas de dos tipos: en la plantas jóvenes o en ramas que brotan de la cepa son opuestas, ovales y sésiles, mientras que en los árboles crecidos se hacen alternas, más o menos coriáceas, con un limbo asimétrico en forma de hoz (falciforme), pecioladas y colgantes (el árbol da poca sombra). Tanto unas como otras tienen características glándulas secretoras en el mesofilo, que son visibles al trasluz como puntos más claros. Las flores, solitarias en las axilas de las ramas superiores, son grandes, tetrámeras, con cáliz y corola fusionados formando una tapadera (opérculo) leñosa, que se cae en la floración, dejando al descubierto un elevado número de estambres con filamentos de color cremoso claro, muy vistosos. El ovario, ínfero, fructifica en una cápsula leñosa dehiscente por 4-5 valvas. Florece durante el otoño y el invierno. Forma vital: Fanerófito (G. Renobales & J. Sallés, 2001).	Dimensiones Independiente: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinación de metales capturados en el tallo ▪ Determinación de metales capturados en la Raíz. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ % de metales capturados
Variable Dependiente Relavera Chicrín	La relavera Chicrín tiene una extensión de 35000 m ² de área esta se encuentra ubicada a la margen derecha de la carretera Central de la vía Cerro de Pasco -Huánuco lo cual fue utilizado para el depósito de relaves en el año 90 del siglo pasado, en la actualidad sobre ella se tiene plantaciones de Eucaliptos como medida de cierre.	Dimensiones Dependiente: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Área de adaptación de eucaliptos en la relavera Chicrín 	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Según Sampieri (2011) la investigación descriptiva busca “especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis”. Para ello en nuestra investigación se realizará la evaluación del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) adaptado en la relavera Chicrín, perteneciente a Nexa Resources S.A.

3.2. Nivel de la investigación

El nivel de investigación es descriptivo analítico, ya que describió y analizó la adaptación del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín, perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha.

3.3. Métodos de investigación

- **Evaluación en campo de la gestión de residuos**
 - a. Medición de área adaptada la Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)
 - b. Toma de muestra de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

- c. Análisis por laboratorio acreditado por INACAL de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*).

3.4. Diseño de la investigación

Para el diseño de la investigación será observacional y transversal; es considerada observacional ya realizara la evaluación y transversal se realizara en una sola toma de muestra del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) adaptado en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población estará comprendida por el área total de la relavera con presencia de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) que es más de 30000 m3 de área.

3.5.2. Muestra

Las muestras están representada por 2 estaciones de monitoreo de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Recopilación de información

Se recolectará la información en campo y toma de muestra de acuerdo al protocolo de laboratorio acreditado por INACAL.

3.6.2. Instrumentos

- Fichas de recolección de datos
- Aparato Fotográfica
- GPS

3.7. Técnicas de procesamientos y análisis de datos

- Clasificación de información.
- Tabulación.
- Análisis e interpretación.

3.8. Tratamiento estadístico

Para el tratamiento estadístico se usó el programa Excel.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

La investigación realizada se cumplió reglamentos de grados y títulos de la facultad de ingeniería de la UNDAC de manera ética cumpliendo cada uno de ellos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Ubicación de la zona a investigar

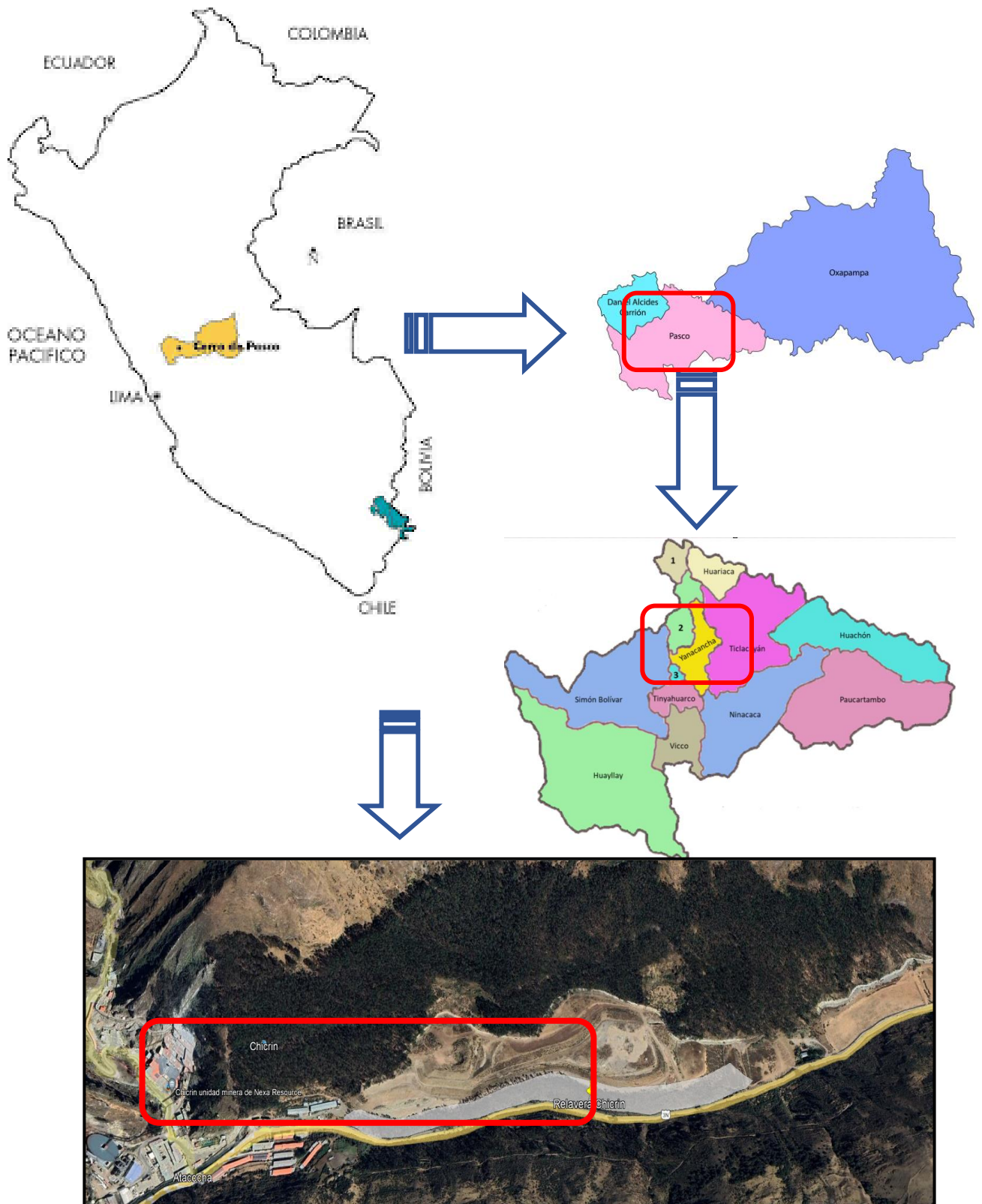
La ubicación administrativa de la relavera Chicrín perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha queda ubicado en el distrito Yanacancha de la provincia de Pasco, específicamente en el kilómetro 333 de la carretera central.

Accesibilidad

Para acceder a la zona de investigación desde la capital de la república del Perú se accederá el siguiente tramo:

- Desde el kilómetro 0 se parte de la ciudad de Lima, pasando el distrito de Chosica para llegar a la altura de Ticlio, posterior llegando a La Oroya y de allí a la provincia de Junín, para llegar al cruce Yanamate cercana a la ciudad de Cerro de Pasco, de allí llegando al Km 333 de la carretera central en la localidad de Chicrín.

Mapa 1. Ubicación de la relavera Chicrin en el distrito de Yanacancha – provincia de Pasco



Fuente: Elaboración propia

Características químicas de la relavera Chicrín

El volumen depositado en las 3 canchas de Chicrín está estimado en 4.5 millones de m³, esta tres canchas se puede visualizar en el mapa N° 2 teniendo la ubicación: Cancha 1 (Chicrín, parte superior), cancha 2 (Chicrín, pie de presa) y Cancha 3 (Chicrín, talud ladera Norte).

Las tres canchas de Chicrín se encuentran situadas "aguas abajo" de las oficinas administrativas, en la orilla izquierda del río Huallaga.

La preparación de los espacios requeridos para las canchas de Chicrín ha implicado la ejecución de obras de ingeniería hidráulica para desviar el curso del río Huallaga en un tramo de aproximadamente 1 km. El terreno obtenido mediante este proceso abarca alrededor de 1.8 hectáreas.

La situación actual de estas canchas y del área de influencia estimada (en metros cuadrados) de la cuenca es la siguiente:

Tabla 2. Situación de Canchas de Relave de Chicrín

Deposito	Cancha N°	Situación	Área (m²)
	1	Cierre temporal	1000
Chicrín	2		2000
	3	Para emergencia	1000

Fuente: Plan de Cierre Unidad Minera Atacocha-2007

Las canchas 1, 2 y 3 han sido designadas como "canchas de emergencia" y han sido objeto de un programa de revegetación. En la ladera Norte de estas canchas se ha implementado un proceso de revegetación utilizando especies nativas.

Caracterización Geoquímica

Se han obtenido muestras de los depósitos de relaves con el fin de analizar su potencial como fuentes de generación ácida a largo plazo. Los resultados de la investigación, realizada en tres laboratorios distintos,

muestran una consistencia notable, como se detalla en la tabla siguiente:

Tabla 3. Balance Ácido-Base de las Muestras

TIPO	LUGAR DE MUESTREO	pH	% S, como		POTENCIAL			PN/PA
			Total	SO ₄	(kg CaCO ₃ /t)			
					PA	PN	PNN	
Relave	Chicrín, parte superior	7.85	7.57	0.08	235	321	86	1.37
Relave	Chicrín, pie de presa	6.01	3.20	0.18	94	401	307	4.27
Relave	Chicrín, talud ladera Norte	7.98	17.28	0.57	522	216	- 306	0.41

Fuente: Plan de Cierre Unidad Minera Atacocha-2007- Pruebas realizadas por el laboratorio Chemex de Canadá

Los resultados del balance ácido-base de estas pruebas facilitan la clasificación de estos sitios en una escala evaluativa de tres niveles: marginal y alto, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4. Balance Ácido-Base de las Muestras

VALORACIÓN DEL POTENCIAL DE GENERACIÓN ÁCIDA	PNN	PN/PA
Nulo o bajo	PNN > 20	PN/PA > 3
Marginal	0 > PNN < 20	1 < PN/PA < 3
Alto	PNN < 0	PN/PA < 1

Fuente: Plan de Cierre Unidad Minera Atacocha-2007- Pruebas realizadas por el laboratorio Chemex de Canadá

Para más detalle:

- Relave Chicrín, parte superior Bajo a marginal
- Relave Chicrín, pie de presa Bajo a marginal
- Relave Chicrín, talud ladera Norte Alto

Caracterización Mineralógica

La mineralogía de los relaves almacenados, de acuerdo al lugar de muestreo, es como sigue:

A) Chicrín, parte superior

Los carbonatos superan a los sulfuros en proporción, aunque de manera precaria, lo que a largo plazo podría resultar en la pérdida de su capacidad de neutralización. La relación entre pirita y carbonato se sitúa en torno a 0.60 a 1.

B) Chicrín, pie de presa

Los relaves están compuestos de 52 % de carbonatos (y otros componentes de cuarzo feldespato y, en menor escala, skárnico) y entre 3.5 a 9 % de piritas. La relación carbonatos a sulfuros es alta, lo que garantiza su función neutralizante en el largo plazo.

C) Chicrín, talud ladera Norte

Los sulfuros, principalmente pirita con esfaleritas accesorias, superan en proporción a los carbonatos en estos relaves, lo que los convierte en posibles fuentes de generación de drenaje ácido.

Mapa 2. Evaluación de las características químicas de la relavera Chicrín



Ciclo de vida del Eucalipto en la relavera Chicrín

Desde el año 1998 se realizó el sembrío de eucalipto, variedad globulus y especies nativas en el área total de la relavera Chicrín, para el sembrío se utilizó un sustrato de abono y tierra negra en un mayo de 50 cm para enraizar las raíces.

En la actualidad en el año 2024 ya son 26 años de crecimiento continuo de estas especies en la relavera, lo que se puede apreciar en la visita de campo realizado que los eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) adaptado en la relavera Chicrín el tallo es delgado a diferencia con los eucaliptos desarrollados naturalmente al contorno de la relavera de Chicrín, asimismo se puede apreciar que las hojas presentan de color amarillenta con respecto a diferencia con los eucaliptos crecidos naturalmente al contorno de la relavera de Chicrín, esta se puede observar en las siguientes imágenes:

Imagen 1. Vista de especies de *Eucalyptus* en la relavera Chicrín

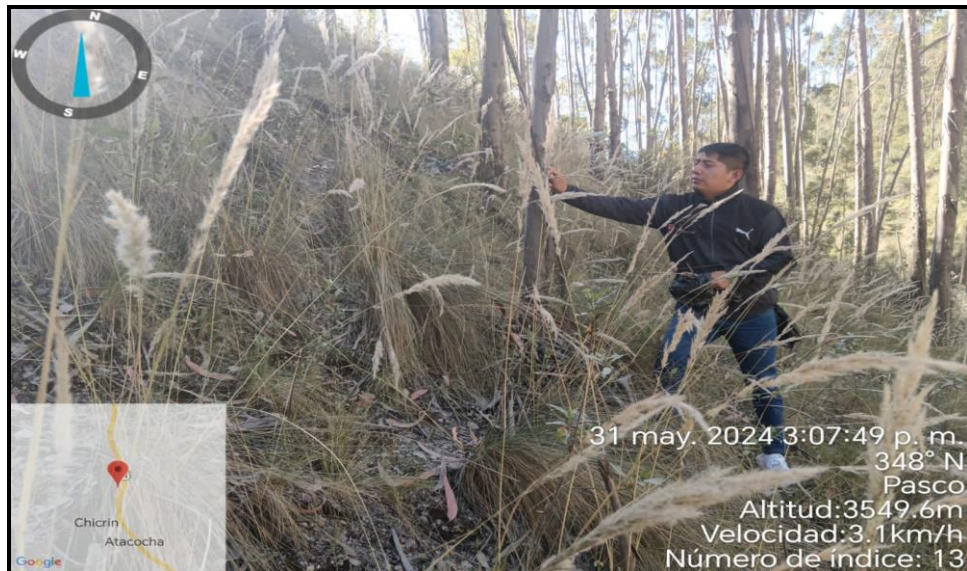


Imagen 2. Vista de especies de *Eucaliptus* en la relavera Chicrín y al contorno de la relavera



Imagen 3. Vista de especies de *Eucaliptus* en la relavera Chicrín y al contorno de la relavera



4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

Proceso de recolección de muestras de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

Para la evaluación del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) adaptado en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A. se extrajo muestras superficiales como son de tallos y hojas.

Para ellos se recolecto de dos estaciones de monitoreo teniendo como referencia la valoración del potencial de ácido en la zona marginal y alto, tal como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 5. Estación de monitoreo

Estación de monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 1984	
		Norte	Este
RT-01	Zona superior de la relavera Chicrín (zona marginal de potencial de generación ácida)	8830983.00	369706.00
RT-02	Zona Baja de la relavera Chicrín (zona alta de potencial de generación ácida)	8831541.00	369642.00

Estas estaciones de monitoreo se pueden detallar en el siguiente mapa donde se puede visualizar las dos estaciones de monitoreo: RT-01 Zona superior de la relavera Chicrín (zona marginal de potencial de generación ácida) y RT-02 Zona Baja de la relavera Chicrín (zona alta de potencial de generación ácida).

Por otro lado, en cada estación de monitoreo se recolecto un kilo de muestra entre tallo y hojas para estas ser preservadas y enviadas al

laboratorio acreditado por INACAL para su análisis de la presencia de metales presentes en la especie Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), para mas detalles de las actividades realizadas en campo se evidencia las siguientes imágenes:

Imagen 4. *Recolección de muestras de tallo y hojas*



Imagen 5. *Recolección de muestras de tallo y hojas*



Imagen 6. *Preservado y enviado para su análisis a laboratorio acreditado*



Mapa 3. Estación de monitoreo



Resultados de presencia metales pesados presentes en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín

A continuación, se detalla los resultados de metales pesados presentes en las estaciones de monitoreo RT-01 y RT-02.

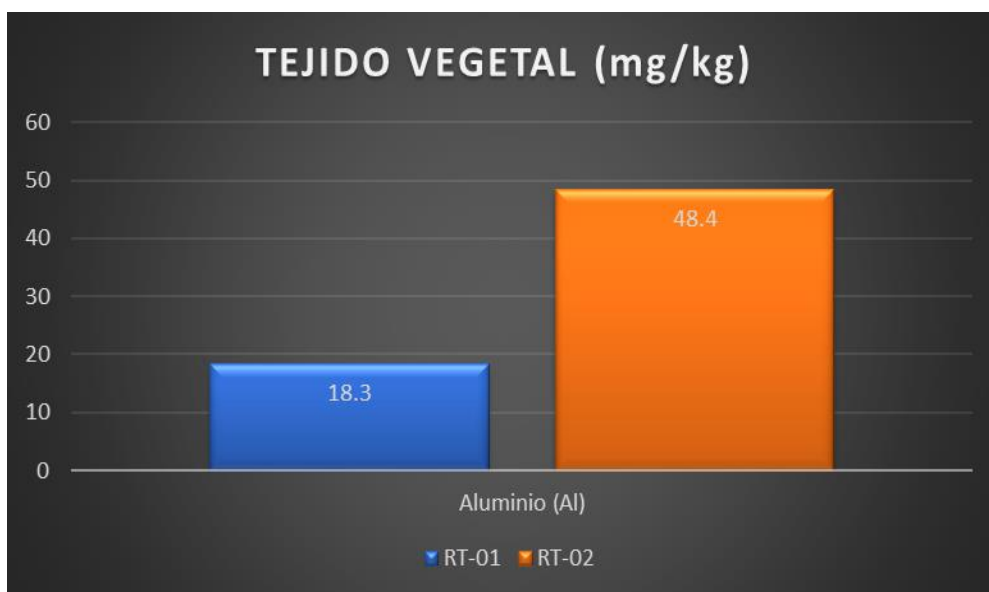
Tabla 6. Resultado de metales pesados en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín

Metales pesados mg/kg	RT-01	RT-02
Plata (Ag)	0.1	0.12
Aluminio (Al)	18.3	48.4
Arsénico (As)	0.4	2.1
Boro (B)	14.3	13.4
Bario (Ba)	0.7	4.8
Berilio (Be)	<0.03	<0.03
Calcio (Ca)	1640.7	2410.9
Cadmio (Cd)	1.43	1.51
Cerio (Ce)	<0.2	<0.2
Cobalto (Co)	<0.05	0.06
Cromo (Cr)	0.31	0.45
Cobre (Cu)	6.8	9.6
Hierro (Fe)	64.3	640
Mercurio (Hg)	<0.1	<0.1
Potasio (K)	8540.6	3414
Litio (Li)	<0.3	<0.3
Magnesio (Mg)	1420.3	314
Manganeso (Mn)	45.6	94.3
Molibdeno (Mo)	<0.2	<0.2
Sodio (Na)	17.2	16.4
Níquel (Ni)	0.15	0.43
Fósforo (P)	845.4	319
Plomo (Pb)	3.98	11.4
Antimonio (Sb)	<0.2	0.3
Selenio (Se)	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.4	0.8
Estroncio (Sr)	2	9.4
Titanio (Ti)	0.3	0.48
Talio (Tl)	<0.3	<0.3
Vanadio(V)	0.04	0.23
Zinc (Zn)	95.4	142.4
Uranio (U)	<0.7	<0.7

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Ambiental

En base a la tabla 6 se detalla de los principales metales pesados de los cuales se especifica en los resultados en base a los siguientes gráficos:

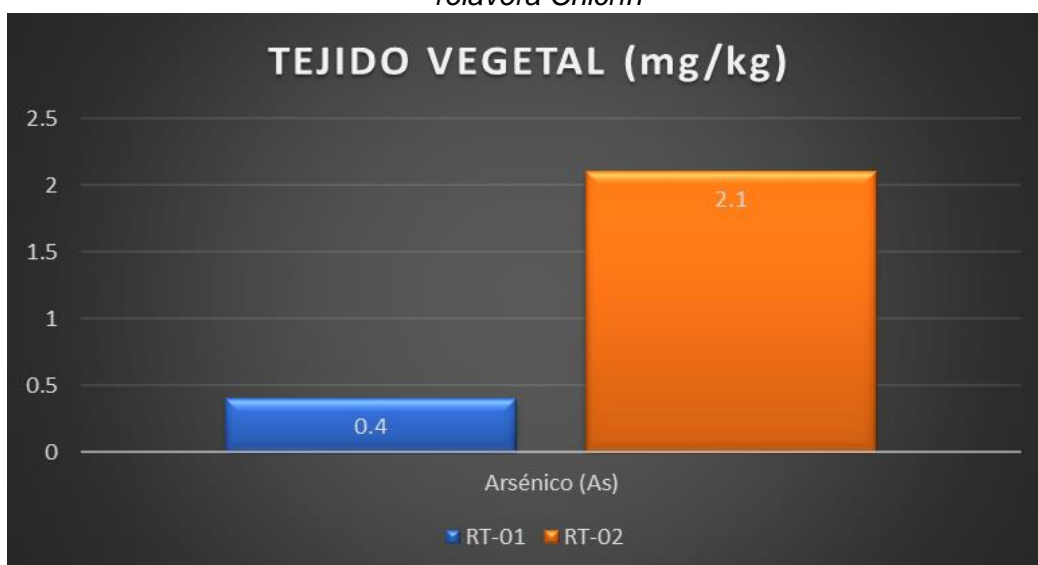
Gráfico 1. Presencia de Aluminio en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín



Interpretación del Grafico 1

En base a la tabla 6 y grafico 1 la presencia de Aluminio en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín, para la estación RT-01 (Zona superior de la relavera Chicrín) donde es un área marginal de potencial de generación ácida la presencia de Aluminio en el Eucalipto se encontró de 18.3 mg/kg y en la estación RT-02 (Zona Baja de la relavera Chicrín) en esta área alta de potencial de generación ácida a presencia de Aluminio en el Eucalipto se encontró de 48.4 mg/kg.

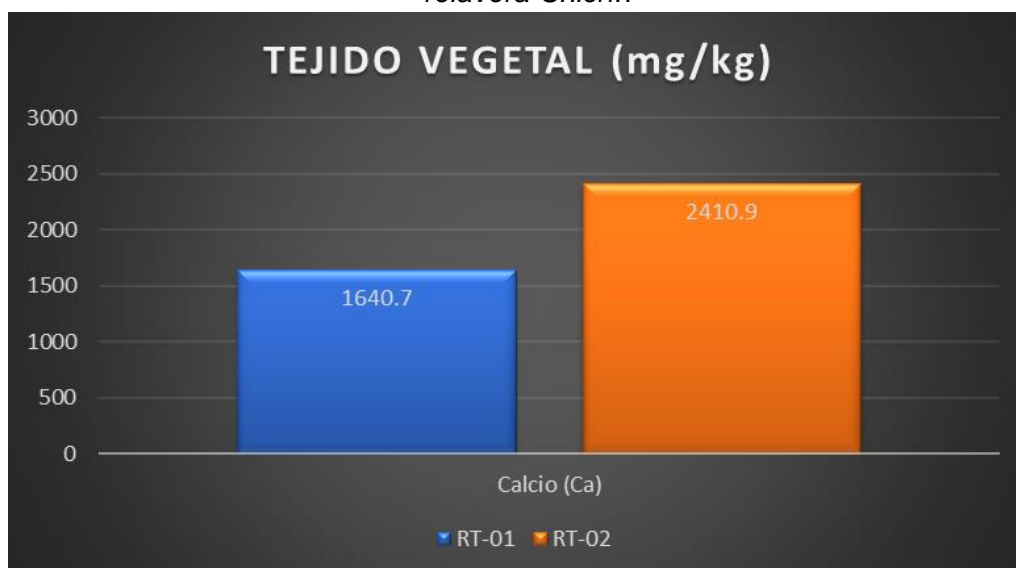
Gráfico 2. Presencia de Arsénico en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín



Interpretación del Grafico 2

En base a la tabla 6 y grafico 2 la presencia de Arsénico en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín, para la estación RT-01 (Zona superior de la relavera Chicrín) donde es un área marginal de potencial de generación ácida la presencia de Arsénico en el Eucalipto se encontró de 0.4 mg/kg y en la estación RT-02 (Zona Baja de la relavera Chicrín) en esta área alta de potencial de generación ácida a presencia de Arsénico en el Eucalipto se encontró de 2.1 mg/kg.

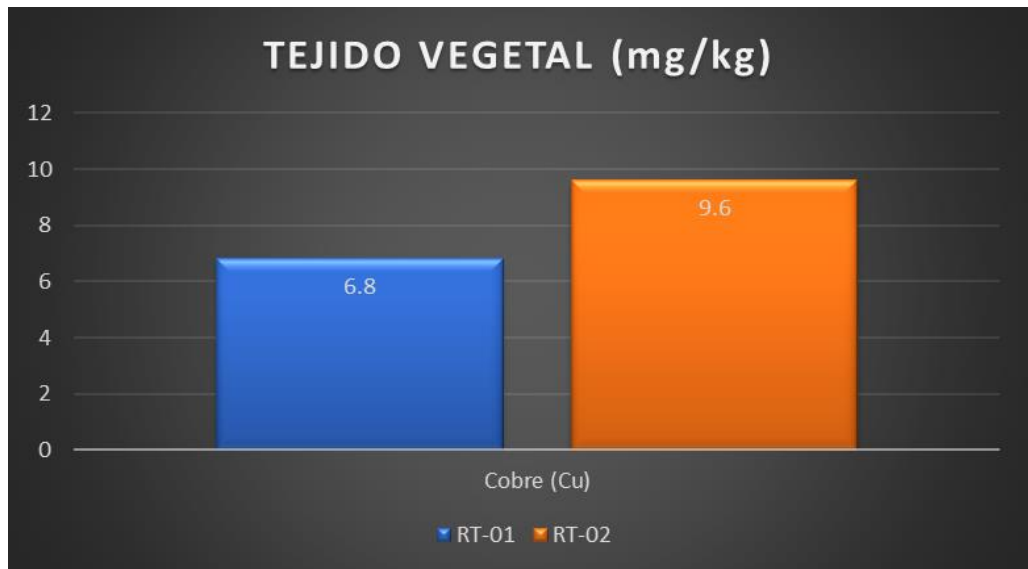
Gráfico 3. Presencia de Calcio en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín



Interpretación del Grafico 3

En base a la tabla 6 y grafico 3 la presencia de Calcio en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín, para la estación RT-01 (Zona superior de la relavera Chicrín) donde es un área marginal de potencial de generación ácida la presencia de Calcio en el Eucalipto se encontró de 1640.7 mg/kg y en la estación RT-02 (Zona Baja de la relavera Chicrín) en esta área alta de potencial de generación ácida a presencia de Calcio en el Eucalipto se encontró de 2410.9 mg/kg.

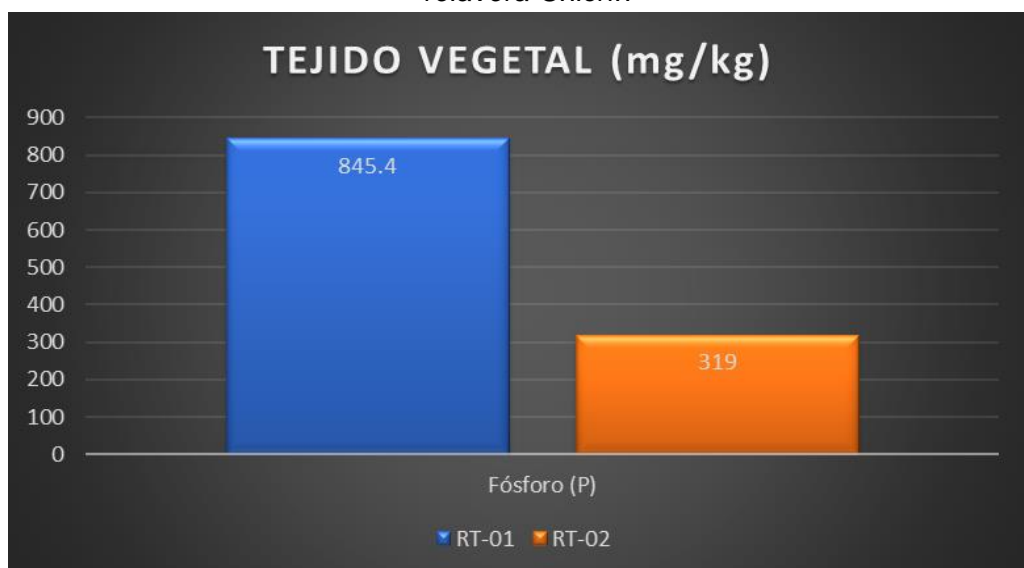
Gráfico 4. Presencia de Cobre en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín



Interpretación del Grafico 4

En base a la tabla 6 y grafico 4 la presencia de Cobre en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín, para la estación RT-01 (Zona superior de la relavera Chicrín) donde es un área marginal de potencial de generación ácida la presencia de Cobre en el Eucalipto se encontró de 6.8 mg/kg y en la estación RT-02 (Zona Baja de la relavera Chicrín) en esta área alta de potencial de generación ácida a presencia de Cobre en el Eucalipto se encontró de 9.6 mg/kg.

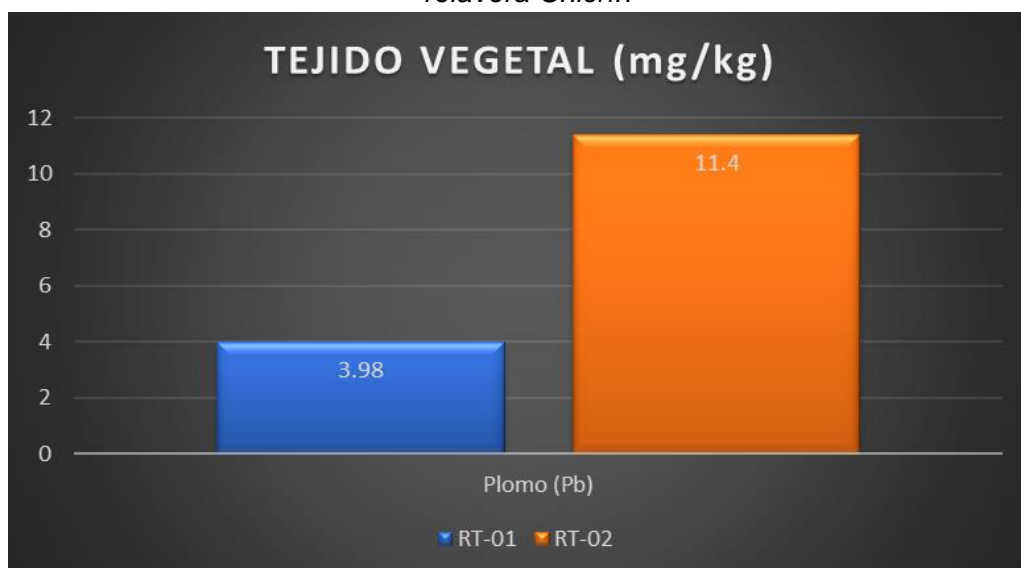
Gráfico 5. Presencia de fosforo en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín



Interpretación del Grafico 5

En base a la tabla 6 y grafico 5 la presencia de fosforo en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín, para la estación RT-01 (Zona superior de la relavera Chicrín) donde es un área marginal de potencial de generación ácida la presencia de fosforo en el Eucalipto se encontró de 845.4 mg/kg y en la estación RT-02 (Zona Baja de la relavera Chicrín) en esta área alta de potencial de generación ácida a presencia de fosforov en el Eucalipto se encontró de 319.0 mg/kg.

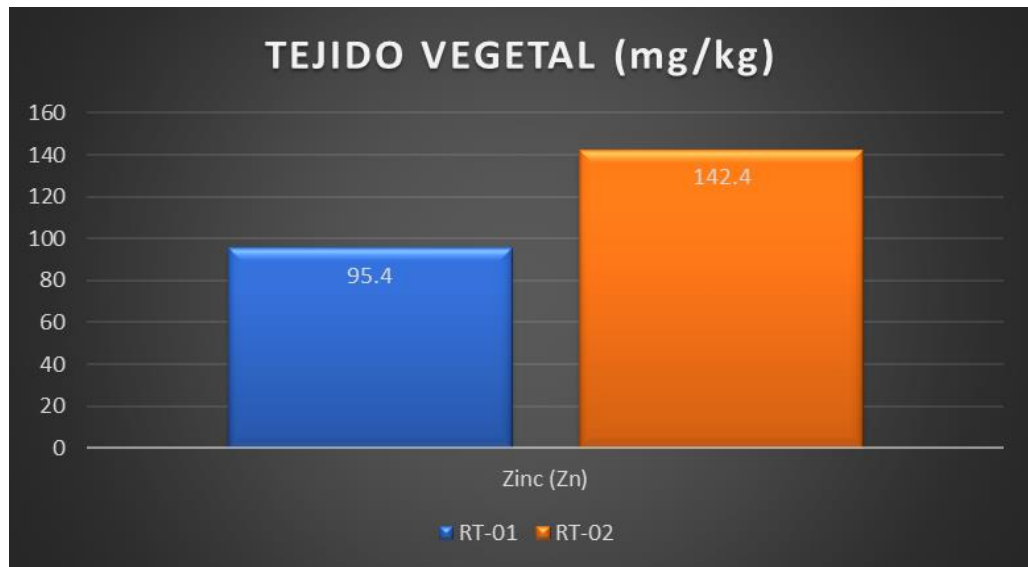
Gráfico 6. Presencia de Plomo en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín



Interpretación del Grafico 5

En base a la tabla 6 y grafico 6 la presencia de Plomo en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín, para la estación RT-01 (Zona superior de la relavera Chicrín) donde es un área marginal de potencial de generación ácida la presencia de Plomo en el Eucalipto se encontró de 3.98 mg/kg y en la estación RT-02 (Zona Baja de la relavera Chicrín) en esta área alta de potencial de generación ácida a presencia de Plomo en el Eucalipto se encontró de 11.4 mg/kg.

Gráfico 7. Presencia de Zinc en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín



Interpretación del Gráfico 7

En base a la tabla 6 y gráfico 7 la presencia de Zinc en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín, para la estación RT-01 (Zona superior de la relavera Chicrín) donde es un área marginal de potencial de generación ácida la presencia de Zinc en el Eucalipto se encontró de 95.4 mg/kg y en la estación RT-02 (Zona Baja de la relavera Chicrín) en esta área alta de potencial de generación ácida a presencia de Zinc en el Eucalipto se encontró de 142.4 mg/kg.

4.3. Prueba de hipótesis

Nuestra hipótesis inicial de nuestra investigación fue como se menciona a continuación:

*“Se evidencia la adaptabilidad del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín . perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha-2024”.*

Como se puede evidenciar en la investigación se evidencia la adaptabilidad del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín . perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha, esto se debe a

varias condiciones, principalmente en el sustrato dado para el sembrío se utilizó un sustrato de abono y tierra negra en un mayo de 50 cm para enraizar las raíces, por otro lado, también el clima en la zona denominado Chicrín que supera 15°C ayuda a desarrollarse adecuadamente estas especies.

Para comparar con algún límites máximos permisibles, nos basamos con el reglamento (UE) 2021/1317 de la comisión de 9 de agosto de 2021 de España menciona que límite máximo permisible por ejemplo para el plomo para las raíces y rizomas es de 1,50 mg/kg, por lo que en comparación con nuestros resultados, en base a la presencia de Plomo en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín, para la estación RT-01 (Zona superior de la relavera Chicrín) donde es un área marginal de potencial de generación ácida la presencia de Plomo en el Eucalipto se encontró de 3.98 mg/kg y en la estación RT-02 (Zona Baja de la relavera Chicrín) en esta área alta de potencial de generación ácida a presencia de Plomo en el Eucalipto se encontró de 11.4 mg/kg, por lo que se determina que el eucalipto de esta zona no son aptos para uso humano.

El área que ocupa el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha supera 42000 m². Por otro lado el tiempo de sembrado el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha, supera 25 años.

4.4. Discusión de resultados

- Como se mencionó los relaves al ser material inorgánico con contenido metálico al estar no protegido generan lixiviados que afecta a la flora, fauna y recursos hidrológicos agua abajo afectando en su calidad, por otro lado, genera material particulado que afecta al entorno donde se encuentra.
- Por otro lado en la actualidad la Nexa Resources S.A-Unidad Minera

Atacocha tiene hasta 3 depósitos de relaves, para nuestro caso la relavera de Chicrin ubicado aguas debajo de la población de Chicrin, aguas arribas de la población de Cajamarquilla y asimismo con más referencia se encuentra al contorno de la carretera que une Cerro de Pasco con Huánuco, esta relavera estuvo en operación en los años 1990 hasta el 1995, como plan de mitigación la Unidad Minera Atacocha utilizo la especie de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) sembrado en todo el área superficial de la relavera, donde se puede observar que esta especie se adaptó pero también se pudo observar que sus tallos son bastante delgados.

- Los eucaliptus adaptados en la relavera Chicrín para la actividad minera es adecuada y cumple los requisitos para el Plan de Cierre, ya como se evidencio estas especies se adoptaron a las condiciones del clima, al relave, asimismo se evidencio que no genera lixiviados en la zona.
- Con respecto si estas especies superan los límites máximos permisibles (LMP) se desconoce ya que en nuestro país no se tiene normativa específica, pero comparando con el reglamento (UE) 2021/1317 de la comisión de 9 de agosto de 2021 de España menciona que límite máximo permisible por ejemplo para el plomo para las raíces y rizomas es de 1,50 mg/kg, por lo que en comparación con nuestros resultados, en base a la presencia de Plomo en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín, para la estación RT-01 (Zona superior de la relavera Chicrín) donde es un área marginal de potencial de generación ácida la presencia de Plomo en el Eucalipto se encontró de 3.98 mg/kg y en la estación RT-02 (Zona Baja de la relavera Chicrín) en esta área alta de potencial de generación ácida a presencia de Plomo en el Eucalipto se encontró de 11.4 mg/kg, por lo que se determina que el eucalipto de esta zona no son aptos para uso humano.

CONCLUSIONES

- Finalizada la investigación se pudo determinar que en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) adaptado en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A de acuerdo al ensayo realizado se evidencia la presencia de metales pesados en el tallo y hojas.
- Los Eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) adaptados en la relavera Chicrín para la actividad minera es adecuada y cumple los requisitos para el Plan de Cierre, ya como se evidencio estas especies se adoptaron a las condiciones del clima, al relave, asimismo se evidencio que no genera lixiviados en la zona.
- El área de sembrío y adaptabilidad que ocupa el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha supera 42000 m². Por otro lado el tiempo de sembrado el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín. perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha, supera 25 años.
- Como se mencionó con respecto si estas especies superan los límites máximos permisibles (LMP) se desconoce ya que en nuestro país no se tiene normativa específica, pero comparando con el reglamento (UE) 2021/1317 de la comisión de 9 de agosto de 2021 de España menciona que límite máximo permisible por ejemplo para el plomo para las raíces y rizomas es de 1,50 mg/kg, por lo que en comparación con nuestros resultados, en base a la presencia de Plomo en el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la relavera Chicrín, para la estación RT-01 (Zona superior de la relavera Chicrín) donde es un área marginal de potencial de generación ácida la presencia de Plomo en el Eucalipto se encontró de 3.98 mg/kg y en la estación RT-02 (Zona Baja de la relavera Chicrín) en esta área alta de potencial de generación ácida a presencia de Plomo en el Eucalipto se encontró de 11.4 mg/kg, por lo que se determina que el eucalipto de esta zona no son aptos para uso humano.

RECOMENDACIONES

- i. Se recomienda el uso del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) adaptado en la relavera Chicrín perteneciente a Nexa Resources S.A-Unidad Minera Atacocha; distrito Yanacancha para su propagación pueda ser utilizado para su uso en los trabajos de fitorremediación.
- ii. Difundir la investigación a nuestros hermanos menores de educación superior para su uso complementario en la investigación de estos tipos de investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barzola Elizabeth . (2019). Especies forestales para la recuperación de suelos contaminados con cobre debido a actividades mineras. Pasco-Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Cornejo Antonio . (2022). Efecto del bosque de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y Aliso (*Alnus glutinosa*) en la calidad del suelo: Jesus - Lauricocha 2021. Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huanuco.
- Economía. (2023). ¿Qué son los relaves mineros y qué acciones están tomando las principales empresas mineras? Revista Economía, 1.
- G. Renobales & J. Sallés. (2001). *Eucalyptus globulus*.
- Huaman Aaron . (2020). Evaluación de la adaptabilidad de las especies *Stipa ichu* y *chrysopogon zizanioides* en los relaves mineros de San José de Parac - San Mateo, Lima. Lima-Perú: Universidad Peruana Unión.
- Huaranga Félix. (2021). Bioindicator species of contamination by mining tailings in the Samne Sector, La Libertad-Peru, 2021. Perú: Scielo.
- Karolien van Teijlingen. (2019). Los depósitos de relaves en Ecuador y sus riesgos Socio-Ambientales. Ecuador: Fundación Pachamama.
- MINAM. (2019). Glosario de suelos contaminados. Perú: Ministerio del Ambiente.
- Nexa Resources. (2022). NEXA RESOURCES ATACOCHA S.A.A. (PERÚ). Perú.
- Palma David . (2015). Cambios en las propiedades del suelo en plantaciones de Eucalipto de Tabasco, México. México: Scielo.
- Pilon Smits . (2005). Qué es la Fitorremediación.
- Roberto Pizarro. (2016). Especies forestales para la recuperación de suelos contaminados con cobre debido a actividades mineras. Chile: Scielo.
- Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. (2019). Reglamento de publicación. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

ANEXOS

ANEXO 1

Resultado de metales pesados

Metales pesados mg/kg	RT-01	RT-02
Plata (Ag)	0.1	0.12
Aluminio (Al)	18.3	48.4
Arsénico (As)	0.4	2.1
Boro (B)	14.3	13.4
Bario (Ba)	0.7	4.8
Berilio (Be)	<0.03	<0.03
Calcio (Ca)	1640.7	2410.9
Cadmio (Cd)	1.43	1.51
Cerio (Ce)	<0.2	<0.2
Cobalto (Co)	<0.05	0.06
Cromo (Cr)	0.31	0.45
Cobre (Cu)	6.8	9.6
Hierro (Fe)	64.3	640
Mercurio (Hg)	<0.1	<0.1
Potasio (K)	8540.6	3414
Litio (Li)	<0.3	<0.3
Magnesio (Mg)	1420.3	314
Manganeso (Mn)	45.6	94.3
Molibdeno (Mo)	<0.2	<0.2
Sodio (Na)	17.2	16.4
Níquel (Ni)	0.15	0.43
Fósforo (P)	845.4	319
Plomo (Pb)	3.98	11.4
Antimonio (Sb)	<0.2	0.3
Selenio (Se)	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.4	0.8
Estroncio (Sr)	2	9.4
Titanio (Ti)	0.3	0.48
Talio (Tl)	<0.3	<0.3
Vanadio(V)	0.04	0.23
Zinc (Zn)	95.4	142.4
Uranio (U)	<0.7	<0.7

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Ambiental

ANEXO N° 2

Imágenes de la investigación realizada

Fotografía 1: Imágenes de la adaptabilidad de las especies de eucalipto en la relavera Chicrín



Fotografía 2: Imágenes de la adaptabilidad de las especies de eucalipto en la relavera Chicrín



Fotografía 3: Imágenes de la presencia de relave donde se adaptó la especies de eucalipto en la relavera Chicrín



Fotografía 4: Imágenes de la presencia de relave donde se adaptó las especies de eucalipto en la relavera Chicrín



Fotografía 5: Imágenes de la presencia de relave donde se adaptó la especies de eucalipto en la relavera Chicrín

