



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

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



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

ATIT_2024-FIAS-059

CONSTANCIA

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

“Biorremediación mediante el uso de Ricinus communis L. “Higuerilla” en suelos contaminados con arsénico y plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022”

Presentado por:

VILCHEZ AÑAGUARI, MAIKOLL BRAYAN

Autor(a) del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es **PORCENTAJE DE SIMILITUD del 1%** por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Con CÓDIGO DE MATRÍCULA N° **20162251**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 21 de Mayo del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Dr. Domingo Jesús Cabel Moscoso
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria



TESIS

Biorremediación mediante el uso de *Ricinus communis L.*
“Higuerilla” en suelos contaminados con arsénico y plomo por
plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia
de Nazca, Ica, 2022

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y
SANITARIO

Líneas de investigación: Salud pública y conservación del medio ambiente

Autor:

Bachiller Maikoll Brayan Vílchez Añaguari

Ica – Perú

2024

Dedicatoria

*A mi madre por ser pilar importante en mi vida,
por apoyarme en mi educación y crecimiento
profesional también a mis hermanas que son
motor y motivo para seguir adelante.*

Agradecimientos

A Dios por mantenerme con salud y darme la fortaleza para poder lograr mis objetivos como también a mi familia que gracias a ellos estoy logrando concretar muchas metas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
Portada	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
índice de figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	12
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.2.1. Antecedentes internacionales	13
1.2.2. Antecedentes nacionales	14
1.2.3. Antecedentes locales	16
1.2.4. Justificación e importancia de la investigación	16
1.2.5. Marco teórico	17
1.2.6. Marco conceptual	25
1.2.7. Marco legal	26
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA	27
2.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	27
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	27
2.2.1. Población	27
2.2.2. Muestra	27
2.3. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	27
2.3.1. Variable independiente	27
2.3.2. Variable dependiente	28
2.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	28
2.4.1. Objetivo general	28
2.4.2. Objetivos específicos	28
	iv

2.5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	28
2.5.1. Hipótesis general	28
2.5.2. Hipótesis específicas	28
2.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	29
2.7. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS	29
III. RESULTADOS	30
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	30
3.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	33
3.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	46
IV. DISCUSIÓN	49
4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
V. CONCLUSIONES	50
VI. RECOMENDACIONES	51
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	52
VIII. ANEXOS	53

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Tecnologías de biorremediación en suelos	17
Tabla 2: Factores que afectan la biorremediación	18
Tabla 3: Taxonomía de la planta <i>Ricinus communis</i>	19
Tabla 4: Toxicidad de metales	23
Tabla 5: Ventajas y desventajas de las tecnologías de remediación	25
Tabla 6: Principales áreas mineras artesanales	30
Tabla 7: Métodos de biorremediación	33
Tabla 8: Métodos de explotación	34
Tabla 9: Métodos de explotación en la pequeña minería	35
Tabla 10: Procesos de recuperación	36
Tabla 11: Manejo de residuos	37
Tabla 12: Cuidado del medio ambiente	38
Tabla 13: Procesos de reciclaje	39
Tabla 14: Utilización del arsénico	40
Tabla 15: Afectación de la salud por arsénico	41
Tabla 16: Afectación a la salud por plomo	42
Tabla 17: Datos del proyecto minero	43
Tabla 18: Parámetros geológicos de extracción	43
Tabla 19: Concentración de plomo	44
Tabla 20: Concentración de arsénico	45
Tabla 21: Prueba de normalidad para la remoción de metales	46
Tabla 22: Prueba de igualdad de varianzas	47
Tabla 23: Pruebas de igualdad de varianzas-suelos contaminados por arsénico	47
Tabla 24: Prueba de igualdad de varianzas-suelos contaminados por plomo	48

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Mapa a nivel nacional de minería informal	31
Figura 2: Concesiones mineras en la Provincia de Nazca	32
Figura 3: Métodos de biorremediación	33
Figura 4: Métodos de explotación	34
Figura 5: Métodos de explotación en la pequeña minería	35
Figura 6: Procesos de recuperación	36
Figura 7: Manejo de residuos	37
Figura 8: Cuidado del medio ambiente	38
Tabla 9: Procesos de reciclaje	39
Figura 10: Utilización del arsénico	40
Figura 11: Afectación de la salud por arsénico	41
Figura 12: Afectación a la salud por plomo	42
Figura 13: Concentración de plomo	44
Figura 14: Concentración de arsénico	45

RESUMEN

Objetivo: Analizar la influencia de la fitorremediación con *Ricinus communis L.* “Higuerilla” en suelos contaminados con arsénico y plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022. **Metodología:** Investigación aplicada, de nivel descriptivo – explicativo, método hipotético deductivo con diseño no experimental – transeccional, La muestra fue conformada por 110 moradores y 9m² de suelo contaminado en Valle Las Trancas. **Resultados:** La concentración de arsénico en función a las enmiendas orgánicas en el pre-test fue de 81,37 mg/Kg y en el post-test de la concentración de arsénico en función a las enmiendas orgánicas fue de 49,62 mg/Kg, es decir, disminuyó la presencia de este metal por el uso de *Ricinus communis L.* “Higuerilla. Además, mediante el ANOVA se halló diferencias significativas antes y después de aplicar el *Ricinus communis L.* “Higuerilla como biorremediación en los suelos contaminados por arsénico y plomo en la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022. **Conclusión:** La concentración de plomo en función a las enmiendas orgánicas en el pre test fue de 923,54 mg/Kg y en el post test de la concentración de plomo en función a las enmiendas orgánicas fue de 486,69 mg/Kg, es decir, disminuyó la presencia de este metal por el uso de *Ricinus communis L.* “Higuerilla.

Palabras clave: Biorremediación, *Ricinus Communis L*, suelo contaminado.

ABSTRACT

Objective: To analyze the influence of phytoremediation with *Ricinus communis L.* "Higuerilla" in soils contaminated with arsenic and lead by small-scale mining concentrator plants in the Province of Nazca, Ica, 2022. **Methodology:** Applied research, descriptive – explanatory level, hypothetical deductive method with non-experimental – transitional design, the sample consisted of 110 residents and 9m² of contaminated soil in Valle Las Trancas. **Results:** The concentration of arsenic according to the organic amendments in the pre-test was 81,37 mg / Kg and in the post-test the concentration of arsenic according to the organic amendments was 49,62 mg / Kg, that is, the presence of this metal decreased by the use of *Ricinus communis L.* "Higuerilla. In addition, ANOVA found significant differences before and after applying *Ricinus communis L.* "Higuerilla as bioremediation in soils contaminated by arsenic and lead in small-scale mining in the Province of Nazca, Ica, 2022. **Conclusion:** The concentration of lead according to the organic amendments in the pretest was 923,54 mg / Kg and in the post test the concentration of lead according to the organic amendments was 486,69 mg / Kg, that is, the presence of this metal decreased by the use of *Ricinus communis L.* "Higuerilla.

Keywords: Bioremediation, *Ricinus Communis L.*, contaminated soil.

I. INTRODUCCIÓN

“A lo largo de los años el suelo ha sido un recurso de vital importancia para el hombre. Hoy en día la preocupación más grande incurre en las diversas actividades que han llevado a su degradación” [1]. Medina (2018) señala que dentro de las actividades primordiales que ocasionan contaminación se encuentra la minería y las actividades petroleras, incluyendo el almacenamiento, transporte y distribución de sustancias peligrosas; “la actividad petrolera en fase de refinación, así como el almacenamiento, transporte y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo; la actividad agrícola y forestal, y la disposición final de residuos peligrosos”.

Señala Díaz (2020) “Los impactos ambientales que la explotación minera causa debido a las inadecuadas medidas de protección ambiental, ocasiona alteración de la calidad de los cuerpos receptores como son el agua y suelo, siendo que en este último los contaminantes permanecen mucho tiempo y se acumulan, precipitan, reducen u oxidan dependiendo de las características naturales del suelo”. Por lo que, Medina (2018) sostuvo que las consecuencias de los metales pesados en la vida de los organismos del suelo son de relevancia. Los microorganismos tienen mayor vulnerabilidad frente al estrés de metales pesados que los animales del suelo.

Actualmente, Londoño (2020) “se han ideado alternativas que promuevan la recuperación de suelos contaminados mediante el uso de biotecnologías de remediación, que presentan menores costos y bajo impacto ambiental, frente a las técnicas convencionales. La biorremediación, es una estrategia que abarca procesos en donde se utilizan microorganismos, hongos o enzimas derivadas de ellos para la recuperación de ambientes que han sido degradados”. Específicamente se emplean Papuico (2018) “Muchas especies toleran las elevadas concentraciones de metales en el suelo porque restringen su absorción y/o translocación hacia las hojas (estrategia de exclusión); sin embargo, otras los absorben y acumulan activamente en su biomasa aérea (estrategia acumuladora), lo que requiere una fisiología altamente especializada”.

En la provincia de Nazca, se encuentran ubicadas las plantas procesadoras de la pequeña minería, que generan emisiones de material particulado y polvos finos que se generan mayoritariamente en las etapas de chancado, transporte y los relaves que son expuestos para que sean secados por

el sol, todos elementos son transportadas por el viento y desplazados a la zona agrícola del lugar, produciendo de esta manera la contaminación del suelo y de las plantas por arsénico y plomo.

El estudio está estructurado en capítulos:

Capítulo I: Describe la problemática de las plantas concentradoras de minería informal y que están contaminado el entorno ambiental, Asimismo, se ha revisado los antecedentes internacionales, nacionales y locales, y se ha construido el marco teórico, conceptual y legal.

Capitulo II: Se presenta la metodología del estudio, que es de tipo y nivel descriptivo y diseño no experimental.

Capitulo III: Se realizo un diagnóstico del área de estudio y se aplicó una encuesta a 110 pobladores de Valle Las Trancas, para determinar el nivel de contaminación que generan estas plantas de minería informal.

Capitulo IV: Se desarrolla el ítem de discusión de resultados, contrastándolo con autores que han realizado investigaciones similares.

Capítulo V: Se indican las conclusiones, el Capítulo VI: Las recomendaciones y en el Capítulo VII: Referencias bibliográficas.

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

[2] “Entre las principales actividades o fuentes que presentan potencial de contaminar, se pueden mencionar las industrias extractivas; mineras y petroleras, las actividades industriales, incluyendo el almacenamiento, transporte y distribución de sustancias peligrosas; la actividad petrolera en fase de refinación, así como el almacenamiento, transporte y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo; la actividad agrícola y forestal, y la disposición final de residuos peligrosos”. Es decir, [3] “Los impactos ambientales que la explotación minera causa debido a las inadecuadas medidas de protección ambiental, ocasiona alteración de la calidad de los cuerpos receptores como son el agua y suelo, siendo que en este último los contaminantes permanecen mucho tiempo y se acumulan, precipitan, reducen u oxidan dependiendo de las características naturales del suelo”. Por lo que, [2] “El efecto de los metales pesados en la vida de los organismos del suelo y en los principales procesos biológicos (degradación de la materia orgánica, fijación de nitrógeno, respiración) es de consideración. Los microorganismos son más sensibles al estrés por metales pesados que los animales del suelo o plantas”.

Actualmente, [1] “se han ideado alternativas que promuevan la recuperación de suelos contaminados mediante el uso de biotecnologías de remediación, que presentan menores costos y bajo impacto ambiental, frente a las técnicas convencionales. La biorremediación, es una estrategia que abarca procesos en donde se utilizan microorganismos, hongos o enzimas derivadas de ellos para la recuperación de ambientes que han sido degradados”. Específicamente se emplean [4] “Muchas especies toleran las elevadas concentraciones de metales en el suelo porque restringen su absorción y/o translocación hacia las hojas (estrategia de exclusión); sin embargo, otras los absorben y acumulan activamente en su biomasa aérea (estrategia acumuladora), lo que requiere una fisiología altamente especializada”.

En la provincia de Nazca, se encuentran ubicadas las plantas procesadoras de la pequeña minería, que generan emisiones de material particulado y polvos finos que se generan mayoritariamente en las etapas de chancado, transporte y los relaves que son expuestos para que sean secados por el sol, todos elementos son transportados por el viento y desplazados a la zona agrícola del lugar, produciendo de esta manera la contaminación del suelo y de las plantas por arsénico y plomo. [5] “La actividad minería artesanal, que se asienta en Nazca, es responsable de los problemas ambientales, la degradación de la calidad de vida y las enfermedades ocupacionales y generación de accidentes, muchas veces mortales”.

1.1.1. Formulación del problema

1.1.1.1. Problema principal

¿Cuál es el nivel de influencia de la fitorremediación con *Ricinus communis* L. “Higuerilla” en suelos contaminados con arsénico y plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, ¿2022?

1.1.1.2. Problemas específicos

PE1: ¿Cuál es el nivel de influencia de la fitorremediación con *Ricinus communis* L. “Higuerilla” en suelos contaminados con arsénico por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, ¿2022?

PE2: ¿Cuál es el nivel de influencia de la fitorremediación con *Ricinus communis* L. “Higuerilla” en suelos contaminados con plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, ¿2022?

1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Antecedentes internacionales

Londoño (2020) “La contaminación de suelos mineros por metales como Mercurio (Hg), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb), es un riesgo serio para la salud pública y ambiental. La toxicidad y estabilidad química que presentan estos elementos frente a procesos de biodegradación natural, hace que los seres vivos no sean capaces de neutralizarlos, creando un problema por bioacumulación y un efecto creciente de su concentración en suelos y en la cadena trófica. Las técnicas fisicoquímicas aplicadas convencionalmente para la recuperación de ambientes degradados son poco efectivas, exigen altos costos de operación, sin contar con la generación de residuos con potencial contaminante adicionales a estas. Como resultado, en los últimos años se ha centrado la atención en tecnologías de biorremediación, dado a su eficiencia, menores costos operativos y por contribuir de manera positiva al ambiente. La biorremediación aplica microorganismos para modificar, neutralizar o inmovilizar la estructura química del contaminante presente en matrices como suelo, sedimentos, agua y aire. Este trabajo revisa las aplicaciones de la biorremediación en la

recuperación de suelos contaminados, estrategias, mecanismos y condiciones en las cuales se da la estabilización y neutralización de los contaminantes. Así como aborda el problema allegado a la explotación minera”.

Medina (2018)[2] “La remediación de metales pesados utilizando métodos fisicoquímicos y biológicos de suelos mineros contaminados con polvos de fundición en la Región de Antofagasta, es una investigación cuyo fin fue generar una metodología efectiva y nueva para la eliminación de este tipo de contaminante. Se tomaron muestras de suelo de hasta 2 metros de profundidad, estas se caracterizaron y luego fueron separadas granulométricamente para obtener las fracciones más finas, esto bajo la hipótesis de que las partículas de menor tamaño, al poseer mayor área de superficie de contacto pueden contener una mayor concentración de contaminantes, las cuales también se caracterizaron (arena fina y limo), estas fueron pasadas por un proceso de lavado de suelos utilizando ChemSol A y ChemSol S, de manera secuencial, los cuales fueron evaluados previamente de forma independiente, posteriormente las fracciones gruesas descartadas fueron mezcladas con las finas tratadas, para así generar un suelo reconstituido, el cual fue caracterizado obteniendo porcentajes de remediación del suelo de 73% para As, 68% para Cu y 78% para Pb. Se realizó la evaluación de un proceso de fitorremediación, para monitorear el comportamiento de una planta arbórea con capacidad acumuladora de metales denominada *Acacia caven* en contacto con el suelo contaminado, a raíz de ello se obtuvieron resultados con proyección de escalamiento ya que las plantas fueron capaces de acumular por sobre 6000 ppm de Cu en su raíz, siendo esta condición precursora de la muerte de ellas, también presentaron acumulaciones de 131 ppm de Pb y 49 ppm de As. Adicionalmente, se establecieron metodologías de recuperación de las soluciones de lavado primero de ChemSol S, logrando un 94% de reutilización del sustrato y segundo, respecto al volumen de ChemSol A conteniendo metales extraídos, fue reducido en un 82% con el fin de evaluar su disposición final. Con este trabajo se logró la validación auspiciosa de una metodología de remediación de suelos, sentándose las bases para el desarrollo futuro de una planta móvil para pilotajes de remediación en terrenos de la industria minera”.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Díaz (2020) “La presente tesis describe, analiza y evalúa el origen del arsénico en los suelos del centro poblado de la comunidad campesina de Llacuabamba, que tiene una trayectoria histórica minera, donde se ha desarrollado la actividad minera desde tiempo memoriales, dejando una serie de pasivos ambientales, que han afectado la

calidad del suelo. Mediante el análisis de los procesos secuenciales y alternos se determinan los factores que han sido el origen de la contaminación de suelos por arsénico, que al encontrarse el metaloide en el suelo se convierte en un depósito del contaminante y su posterior integración a otros componentes ambientales como el agua y aire, representando un alto riesgo para la salud de la población por estar en contacto permanente con el arsénico. Las características y propiedades edáficas del suelo han sido relevantes para favorecer la presencia de arsénico en los diferentes niveles el suelo, su acumulación, dispersión y precipitación en las tres zonas identificadas de la zona de estudio, se analiza el origen, su cantidad y las reacciones de la propiedad del suelo, especialmente su relación con el pH, determinando su origen antrópico o natural proviniendo de la roca madre en la que se originó el suelo por erosión, meteorización o lixiviación de las áreas mineralizadas con contenido de arsénico. La secuencia del procedimiento secuencial del origen del arsénico en los suelos de la zona de estudio, se ha tomado en cuenta las condiciones que favorecen la movilidad del arsénico en el suelo, como son: Potencial de hidrogeno, temperatura, textura, compactación, humedad y cantidad de arsénico, y las características alternas, la determinación de la calidad de suelos, y la alternativa de remediación de suelos contaminados por arsénico del centro poblado”.

Papuico (2018) “La región Pasco hasta el año 2015, es una de las regiones con mayor cantidad de yacimientos mineros y con serios problemas socioambientales debido a la presencia de pasivos abandonados por actividades mineras pasadas. El aumento de los costos y la limitada eficacia de los tratamientos fisicoquímicos han estimulado el desarrollo de nuevas tecnologías. Por lo que, la fitorremediación representa una alternativa sustentable y de bajo costo para la rehabilitación de ambientes afectados por contaminantes naturales y antropogénicos. Nuestra investigación pudimos determinar que la planta YALUZAI (*Senecio rudbeckiaefolius*) es una planta considerada de Fitoextracción ya que los metales capturados están acumulados en las partes cosechables de las plantas y su eliminación del medio. Conocida también como Fitoacumulación, es la captación de metales contaminantes por las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas, lo cual esto lo confirmamos en la investigación realizada”.

En el estudio de **Quispe** sobre la “Fitorremediación con *Ricinus Communis* para el tratamiento de suelos” en este escenario es frecuente observar las actividades extractivas inadecuadas que ocasionan infertilidad de los suelos agrícolas con múltiples impactos negativos para la comunidad, donde las diversas mineras se

convierten en un problema socioambiental y económico donde la intoxicación de los metales pesados se convierte en un gran problema de salud pública. En el sector de influencia se halló gran cantidad de plomo en el suelo superior a los establecido por el ECA (D.S N° 011-2017-MINAM), esta premisa llevó al investigador a plantearse como propósito la aplicación de la fitorremediación de *Ricinus communis* para tratar los suelos contaminados con plomo. Para ello, se prepararon tres repeticiones por cada uno de los tratamientos. Los resultados evidenciaron mediante un proceso estadístico que el *Ricinus Communis* fitorremedió mejor en aquellos suelos cuya concentración de plomo fue de 243.90mg/kg y 835.63mg/kg de Pb; y además, logra disminuir su concentración de Pb por debajo del ECA. También establecieron que la planta en mención es un fitorremediador de la clase fitoestabilizador porque absorbe el contaminante por la raíz. que permitió que no se propague para otras estructuras en la misma planta.

1.2.3. Antecedentes locales

Se ha revisado la bibliografía en relación al tema de investigación y no se ha encontrado investigación al respecto.

1.2.4. Justificación e importancia de la investigación

[2] “Los metales pesados a raíz de la industria minera se han convertido en un tema actual tanto en el campo ambiental como en el de salud pública. Los daños que causan son tan severos y en ocasiones tan ausentes de síntomas, que las autoridades ambientales y de salud de todo el mundo ponen mucha atención en minimizar la exposición de la población, en particular de la población infantil, a estos elementos tóxicos”. Por lo hay que, [2] “destacar en primera instancia la importancia que posee cada tipo de contaminación generada a niveles industriales, pero hay una industria que por su constante producción y explotación de recursos toma gran relevancia, la cual corresponde a la minería, los residuos que genera la actividad minera son inmensamente más grandes que los productos que genera”. Es decir, [3] “Los metales pesados poseen propiedades para su dispersión en el ambiente, en diferentes niveles de la cadena trófica, porque ejemplo se acumulan en el suelo, sedimento de los ríos, lagos o lagunas, y posteriormente pasan a los seres vivientes, causando efectos de toxicidad de acuerdo con el tipo de exposición y la sensibilidad de los organismos receptores”. Por lo tanto, la investigación, presenta como alternativa la biorremediación, que es una técnica para la recuperación contaminados por metales.

1.2.5. Marco teórico

1.2.5.1. Biorremediación mediante el uso de *Ricinus communis L.* “Higuerilla”

La biorremediación se puede definir “como cualquier proceso que utiliza microorganismos o sus enzimas para devolver el medio ambiente alterado por contaminantes a su condición original. La biorremediación se puede emplear con el fin de atacar a contaminantes específicos o un enfoque más general” (Torres et al, 2009).

La Biorremediación es una tecnología prometedora, dado que aprovecha la capacidad de remoción de metales que poseen bacterias, micro algas y hongos, siendo ésta superior a la reportada con métodos fisicoquímicos. En el caso de los suelos, el objetivo de un proceso remediador no debe ser solamente eliminar el contaminante, sino recuperar la calidad del mismo, entendida como la capacidad de dicho recurso para realizar sus funciones de forma sostenible (Verma & Kuila, 2019).[1]

Tabla 1

“Tecnologías de Biorremediación en suelos”

TÉCNICA	CARACTERÍSTICAS	TIPO DE CONTAMINANTE
Biolabranza	El suelo contaminado se mezcla con suelo limpio y nutrientes, y se remueve periódicamente para favorecer su aireación	Diésel, gasolinas, lodos aceitosos, coque, pesticidas.
Bioventilación	proceso que utiliza una mayor oxigenación en la zona no saturada para acelerar la biodegradación de contaminantes	Residuos de crudo, compuestos orgánicos volátiles, vapores o gases presentes en combustibles fósiles, disolventes y pinturas.
Bioburbujeo	Consiste en inyectar aire a presión en la parte inferior para desplazar el agua de los espacios intersticiales de la matriz del suelo.	volatilización de compuestos de la zona insaturada, derrames de petróleo.
Bioestimulación	Modifica el entorno, con la adición de micro y macro nutrientes con el fin de estimular el crecimiento de bacterias "biorremediadoras" existentes en el medio.	Hidrocarburos y metales pesados.
Bioaumentación	Se inoculan cepas microbianas genéticamente modificadas o si las variedades de bacterias ya presentes son capaces de restaurar el lugar contaminado, se opta por estimular su crecimiento para restaurar entornos con alta concentración tóxica	Metales pesados, pesticidas, hidrocarburos.

Adaptación de (López et al., 2016; Islas et al., 2016).

Tabla 2

“Factores que afectan la Biorremediación”

Factores	Remediación Microbiana	Fitorremediación
pH	Biodisponibilidad de contaminantes, nutrientes, fisiología biológica y actividad enzimática.	
Temperatura	Biodisponibilidad de contaminantes, nutrientes, fisiología biológica y actividad enzimática. Volatilización de contaminantes.	
Tipo de suelo	Tasa de biorremediación, contenido orgánico, interacción entre contaminantes existentes.	biodisponibilidad de contaminantes, eficacia de la fitorremediación, interacción entre contaminantes coexistentes.
Contenido Orgánico	Biodisponibilidad de contaminantes, suministro de nutrientes, interacción entre contaminantes coexistentes.	
Naturaleza de los contaminantes	Diferentes valencias y formas de metales, efectos tóxicos en los organismos, estructura y peso de las moléculas afectan la susceptibilidad a la biorremediación.	
Concentración de los contaminantes	Actividad biológica y eficiencia de la remediación, la interacción entre contaminantes coexistentes.	
Especies de microorganismos	Capacidad de los organismos para absorber, transportar acumular y metabolizar contaminantes. Entorno de la rizósfera.	

Adaptación de (Kit Leong & Chang, 2020, Guo et al., 2018, Zhang et al., 2020).

1.2.5.2. Características del *Ricinus communis L.*

El origen de la planta higuierilla (*Ricinus communis L.*) pertenece a la familia Euphorbiaceae y es destacada como ricino, tártago, mamoneira, mamona, palma christi, higuiereta, castor, castor bean y castor oil plant. El género *Ricinus* es considerado monotípico, y la especie *R. communis* es la única que incluye diversos tipos polimórficos. (Falasca, 2012).[6]

Es caracterizado por diversos hábitos de crecimiento, por los diversos colores que tiene su hoja y su tallo y el porcentaje del aceite que alberga su semilla, su porte es arbóreo que se encuentra perenne en zonas tropicales y subtropicales. La altura de la planta se encuentra entre 0.80m a 12m (Távora, 1982).

Su espesor varía entre 3 a 15 cm, con colores como el verde, rojo y caoba donde algunas variedades se encuentran ramificadas mientras que otras no,

tiene su raíz profunda y su tallo presenta entrenudos, sus hojas son alternas y palmatinervia (Robles, 1980).

La Higuera (*Ricinus communis L.*) crece a temperatura de 15 °C - 24 °C, en precipitación entre 500 y 800 mm anuales, baja humedad relativa y básica para variedades mejoradas. Prospera bien en suelos neutros o ligeramente ácidos. No obstante, la Higuera es uno de los cultivos más importantes, debido a su versatilidad de uso, donde la presencia de sustancias tóxicas en distintos órganos de la planta en la absorción de nutrientes pesados, entre ellas tenemos, la ricina en la testa de la semilla, la ricinina en las hojas y una fracción proteica alergénica en el polen (Sánchez et al 2014).[6]

Tabla 3

Taxonomía de la planta *Ricinus communis L.* (Higuera)

Reino:	Plantae
Sub reino:	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Sub clase:	Rosidae
Orden	Malpighiales
Familia:	Euphorbiaceae
Sub familia:	Acalyphoideae
Tribu	Acalypheae
Sub tribu	Ricininae
Género:	<i>Ricinus</i>
Especie:	<i>Communis</i>
Nombre binomial:	<i>(Ricinus communis. L)</i>

1.2.5.3. Suelos contaminados con arsénico y plomo

El suelo es denominado al “material no consolidado que se conforma por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos que comprende la capa superior de la superficie terrestre hacia diversos niveles de profundidad” (MINAM, 2014).

Mientras que el suelo contaminado es aquel con cualidades alteradas negativamente por presencia de sustancias contaminantes que son depositadas por la actividad humana (MINAM -Guía de muestreo de suelos, 2014).

En el suelo se produce el fenómeno de precipitación el cual depende del producto de solubilidad (K_{ps}) de sólido en agua. Los iones metálicos se precipitan como agente químico o como hidróxidos; considerándose a la precipitación como procesos influenciados por el pH y el potencial redox del suelo (Basta, 2004). Por otro lado, la complejación de metales involucra un ion metálico central. El plomo es un metal de color gris que se distribuye en toda la corteza terrestre (CCM de salud, 2017).

1.2.5.4. Efecto de los metales pesados en el suelo

Cuando el contenido de metales pesados en el suelo alcanza niveles que rebasan los límites máximos permitidos, causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal en las plantas y disturbios funcionales en otros componentes del ambiente, así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo; este tipo de contaminación se conoce como “polución de suelos”. (Martín, 2000).[7]

La acción directa de los metales pesados sobre los seres vivos ocurre a través del bloqueo de las actividades biológicas, es decir, la inactivación enzimática orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y otras propiedades. (Sauve & Henderson, 2000). La acumulación de metales pesados en las plantas inhibe o activa algunos procesos enzimáticos que afectan su productividad, así por ejemplo el Pb, As, Cd, Zn pueden ser absorbidos y depositarse en sus tejidos a niveles tóxicos, dando como resultado una posible vía de entrada de estos metales en la cadena alimenticia, a través del consumo de plantas, directa o indirectamente por los seres humanos.[7]

Las principales fuentes de metales pesados están constituidas por actividades naturales, como desgastes de cerros y volcanes que constituyen una fuente relevante de metales pesados en el suelo y encontrándose como iones libres, compuestos metálicos solubles, compuestos insolubles como óxidos, carbonatos e hidróxidos (Pineda, 2004). Así también en actividades

antropogénicas como la industria minera que está catalogada como una de las actividades industriales más generadoras de metales pesados.[7]

Los metales pesados poseen propiedades para su dispersión en el ambiente, en diferentes niveles de la cadena trófica, porque ejemplo se acumulan en el suelo, sedimento de los ríos, lagos o lagunas, y posteriormente pasan a los seres vivientes, causando efectos de toxicidad de acuerdo con el tipo de exposición y la sensibilidad de los organismos receptores.[3]

1.2.5.5. Minería ilegal

Los metales pesados producto de la extracción minera son un gran reto en el campo ambiental, así como en el de salud generando daños muy severos que alarman a las autoridades ambientales por la gravedad de los elementos tóxicos. Entonces, la minería se ha convertido en una fuente de producción y explotación de recursos y de gran relevancia, es decir de los minerales explotados solo se aprovecha el 10% entonces significa que lo demás será residuos mineros causados por los procesos mineros. Deduciéndose que la minería es la principal actividad generadora de conflictos, pero que se requiere de su permanencia para beneficios económicos del gobierno y la comunidad. (SERNAGEOMIN, 2011).

Los metales pesados son de os tipos los micronutrientes como lo es el arsénico y los denominados sin función biológica como el caso del plomo. Estos metales producen contaminación del suelo de diversas maneras variando su disponibilidad, toxicidad y movilidad (Shiowatana et al, 2001).

Entonces, los mecanismos por los cuales se altera el suelo son la desactivación de la protección enzimática, la alteración de la permeabilidad, distorsión de la mutagénesis, carcinogénesis y teratogénesis, reacciones con los diversos grupos como los amino, imino o precipitación de metabolitos esenciales (Pérez, 2005).

También, es necesario precisar que los metales distorsionan la composición química de un organismo biológico, y los metales más peligrosos son el plomo, mercurio, arsénico, cromo, zinc y cobre y a la vez son muy utilizados para la preparación de plaguicidas.

Los impactos ambientales que la explotación minera causa debido a las inadecuadas medidas de protección ambiental, ocasiona alteración de la calidad de los cuerpos receptores como son el agua y suelo, siendo que en este último los contaminantes permanecen mucho tiempo y se acumulan, precipitan, reducen u oxidan dependiendo de las características naturales del suelo.[3]

Tabla 4

Toxicidad de metales

Metal o Metaloide	Compuesto químico	Riesgos toxicológicos para la salud
Arsénico (As)	Arsénico elemental	Dolor torácico, dolor abdominal, tos, Cefalea, debilidad, vértigo, irritación de la piel, Diarrea, náuseas, vómito, Cáncer.
	Trióxido de Arsénico (As ₂ O ₃)	Tos, cefalea, mareos, debilidad falta de aire, dolor en el pecho, Enrojecimiento de ojos, quemaduras en la piel, dolor, conjuntivitis, Constricción de la garganta, vómitos, dolor abdominal, diarrea, mucha sed, calambres musculares, shock.
	Pentóxido de Arsénico (As ₂ O ₅)	Tos, mareos, cefalea, falta de aire, debilidad, dolor en el pecho, Enrojecimiento de ojos, dolor, conjuntivitis, Constricción de la garganta, dolor abdominal, diarrea, vómitos, mucha sed, calambres musculares, shock.
Plomo (Pb)	Plomo elemental	Cefalea, náuseas, espasmo abdominal, dolor de garganta, debilidad, insomnio, palidez facial, falta de coordinación, cólicos, anemia, encefalopatías, enfermedad renal, hipotensión.
	Óxido de Plomo II (PbO)	Daños al sistema nervioso central, riñones y sangre.

	Cadmio elemental	Tos, cefalea, Enrojecimiento y dolor de ojos, Dolor abdominal, diarrea, náuseas, vómitos. Cáncer de próstata y pulmón.
Cadmio (Cd)	Óxido de Cadmio (CdO)	Tos, dificultad para respirar (edema pulmonar), falta de aire, Enrojecimiento de piel, Enrojecimiento y dolor de ojos, Cólicos abdominales, diarrea, náuseas, vómitos, cáncer de próstata y pulmón.
	Sulfuro de Cadmio (CdS)	Cáncer de Próstata y Pulmón.
Cobalto (Co)	Cobalto elemental	Tos, dificultad para respirar, falta de aire, asma, Enrojecimiento de piel y ojos, Dolor abdominal, vómitos.
	Óxido de Cobalto (Co ₂ O ₃)	Tos, dificultad para respirar, falta de aire, Enrojecimiento de ojos
Cobalto (Co)	Cobalto elemental	Tos, dificultad para respirar, falta de aire, asma, Enrojecimiento de piel y ojos, Dolor abdominal, vómitos.
	Óxido de Cobalto (Co ₂ O ₃)	Tos, dificultad para respirar, falta de aire, Enrojecimiento de ojos
Cobre (Cu)	Cobre elemental	Tos, cefalea, falta de aire, dolor de garganta, Enrojecimiento de piel y ojos, dolor de ojos, Dolor abdominal, náuseas, vómitos, Anemia.
	Óxido de Cobre (Cu ₂ O)	Tos, gusto metálico, fiebre por humos metálicos, Enrojecimiento de ojos, Cólicos abdominales, diarrea, náuseas, vómito.
Cromo (Cr)	Cromo elemental	Irritación de ojos y piel, Diarrea, náuseas, desvanecimiento, vómitos
	Dióxido de Cromo (CrO ₂)	Irritación en el revestimiento interno de la nariz, úlceras nasales, secreción nasal, problemas respiratorios tales como asma, tos, dificultad para respirar o sibilancias.

Fuente: Jara (2018).

Tabla 5

Ventajas y desventajas de las tecnologías de remediación

TRATAMIENTO BIOLÓGICO		TRATAMIENTOS FISICO QUIMICOS		TRATAMIENTOS TÉRMICOS	
VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Son efectivos en cuanto a costos.	Requieren mayores tiempos de tratamiento.	Son efectivos en cuanto a costos.	Los residuos generados por técnicas de separación, deben tratarse o disponerse: aumento en costos y necesidad de permisos.	Permite tiempos rápidos de limpieza.	Es el grupo de tratamientos más costoso.
Son tecnologías más benéficas para el ambiente.	Es necesario verificar la toxicidad de intermediarios y/o productos.	Pueden realizarse en periodos cortos.	Los fluidos de extracción pueden aumentar la movilidad de los contaminantes: necesidad de sistemas de recuperación.		Los costos aumentan en función del empleo de energía y equipo.
Los contaminantes generalmente son destruidos.	No pueden emplearse si el tipo de suelo no favorece el crecimiento microbiano.	El equipo es accesible y no se necesita mucha energía ni ingeniería.			Intensivos en mano de obra y capital.
Se requiere un mínimo o ningún tratamiento posterior.					

Fuente: Chang et al (2008)

1.2.6. Marco conceptual

Bioacumulación: se refiere al proceso en el que los contaminantes ingresan al citoplasma a través de la membrana celular y se acumula dentro de la célula (Zhang et al., 2020).[1]

Biodegradación: Proceso de descomposición de un producto o una sustancia por acción de organismos vivos.[7]

Biorremediación: La EPA define biorremediación como la manipulación de sistemas biológicos para efectuar cambios en el ambiente.[7]

Capacidad de remediación: es la propiedad, potencial que tienen las plantas con el fin de absorber metales pesados presentes en suelos contaminados.[6]

Plantas hiperacumuladoras de metales pesados: son aquellas que tienen la finalidad de crecer y desarrollarse en suelos con alta concentración de metales contaminados por la actividad antrópica minera.[6]

1.2.7. Marco legal

D.S N° 002-2013-MINAM, publicado en el Diario Oficial “El Peruano” el 25 de marzo de 2013, estableciéndose 14 parámetros orgánicos y 07 parámetros inorgánicos, reconociéndose tres categorías de usos de suelo a nivel nacional que son: Agrícola; Residencial o parques; Comercial, industrial o extractivo, en esta última categoría se considera a la actividad minero energética.[3]

D.S. N° 02-2014-MINAM), para poder efectuar la aplicación de los ECA para suelo.[3]

Resolución Ministerial N° 085-2014. MINAM Guía para el Muestreo de Suelos y Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos.[3]

Actualizan métodos de ensayo para el análisis de los parámetros de los Estándares de calidad Ambiental para Suelo. R.M. N° 137-2016-MINAM.[3]

Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM. Aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados.[3]

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- **Tipo de investigación:**

Según lo establecido por Sánchez (2010), el tipo de investigación es de carácter metodológico y descriptivo, porque hacen uso de técnicas específicas de recolección de datos (cuestionario y observaciones de campo).[8]

- **Nivel de investigación:**

[9] “El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio”, en la investigación se aplicó el nivel Descriptivo

- **Diseño de investigación**

Diseño no experimental

2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.2.1. Población

Estuvo compuesta por las muestras de suelo contaminado por actividades de la pequeña minería de la Provincia de Nazca y pobladores del lugar.

2.2.2. Muestra

La muestra se determinó de forma aleatoria, que estuvo representado por un área de 9 m², de suelo contaminado por la pequeña minería en Valle Las Trancas y 110 pobladores del lugar.

2.3. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

2.3.1. Variable independiente

VI = Biorremediación mediante el uso de *Ricinus communis L.* “Higuerilla”

2.3.2. Variable dependiente

VD = Suelos contaminados con arsénico y plomo

2.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. Objetivo general

Analizar la influencia de la fitorremediación con *Ricinus communis L.* “Higuerilla” en suelos contaminados con arsénico y plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022.

2.4.2. Objetivos específicos

OE1: Analizar la influencia de la fitorremediación con *Ricinus communis L.* “Higuerilla” en suelos contaminados con arsénico por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022.

OE2: Analizar la influencia de la fitorremediación con *Ricinus communis L.* “Higuerilla” en suelos contaminados con plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022.

2.5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

2.5.1. Hipótesis general

Existe influencia significativa de la fitorremediación con *Ricinus communis L.* “Higuerilla” en suelos contaminados con arsénico y plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022.

2.5.2. Hipótesis específica

HE1: Existe influencia significativa de la fitorremediación con *Ricinus communis L.* “Higuerilla” en suelos contaminados con arsénico por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022.

HE2: Existe influencia significativa de la fitorremediación con *Ricinus communis L.* “Higuerilla” en suelos contaminados con plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022.

2.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se emplearon

- Análisis y sistematización de fuentes documentales
- Observación cualitativa en campo.
- Observación cuantitativa del uso de la planta “Higuerilla”
- Lista de Chequeo
- Protocolos de Laboratorio

Instrumentos

- Fichas bibliográficas
- Formato de Check list
- Cuestionario
- Guía de observación

2.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

- Programa Microsoft Excel
- Paquete estadístico SPS

Los resultados se presentaron en tablas y gráficas, de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación.

III. RESULTADOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La **provincia de Nazca**, es una de las cinco que conforman el departamento de Ica en el sur del Perú. **Limites:**

- Norte con las provincias de Ica y Palpa
- Este con el departamento de Ayacucho
- Sur con el departamento de Arequipa
- Oeste con el océano Pacífico

La ubicación de las plantas de la pequeña minería de la zona generalmente a 18 km al suroeste del distrito, provincia de Nazca, departamento de Ica, se encuentra a la altura del kilómetro 463 de la Carretera Panamericana Sur, y se puede acceder desde Lima por vía terrestre, a través de Nazca. La distancia y tiempo aproximado para recorrer los 463 km es de 7 horas de desplazamiento sobre vía asfaltada. También puede accederse por vía aérea, a través de un aeródromo de tránsito menor administrado por CORPAC, el cual está ubicado en un área aledaña a la base de la Fuerza Aérea del Perú y cuenta con una pista de aterrizaje de 1000 m² en regular estado de conservación.

Las plantas concentradoras benefician minerales de cobre y en otros casos polimetálicos de cobre-plomo y plata, por el método de la flotación bulk o de conjunto cobre – plomo - plata y diferencial cobre - plomo, a razón de 200 TMSD, proveniente de las diferentes labores de la mina

Tabla 6

Principales áreas mineras artesanales

Departamento	Provincia	Asentamientos Mineros
Ica	Nazca	El Ingenio-Tulin Sol De Oro Vista Alegre
	Palpa	Saramarca Pampa Blanca Rio Grande

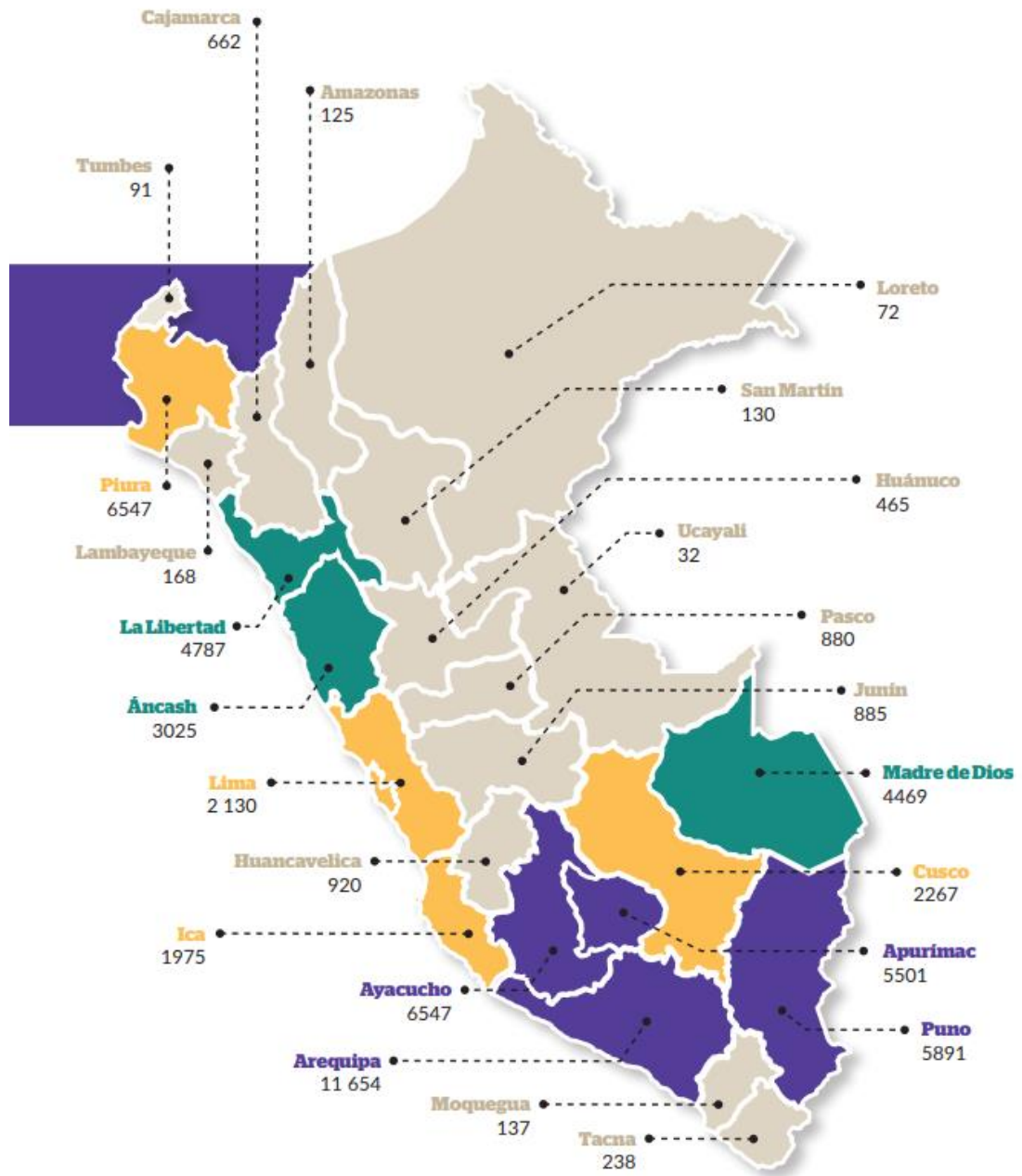


Figura 1: Mapa a nivel nacional de minería informal.

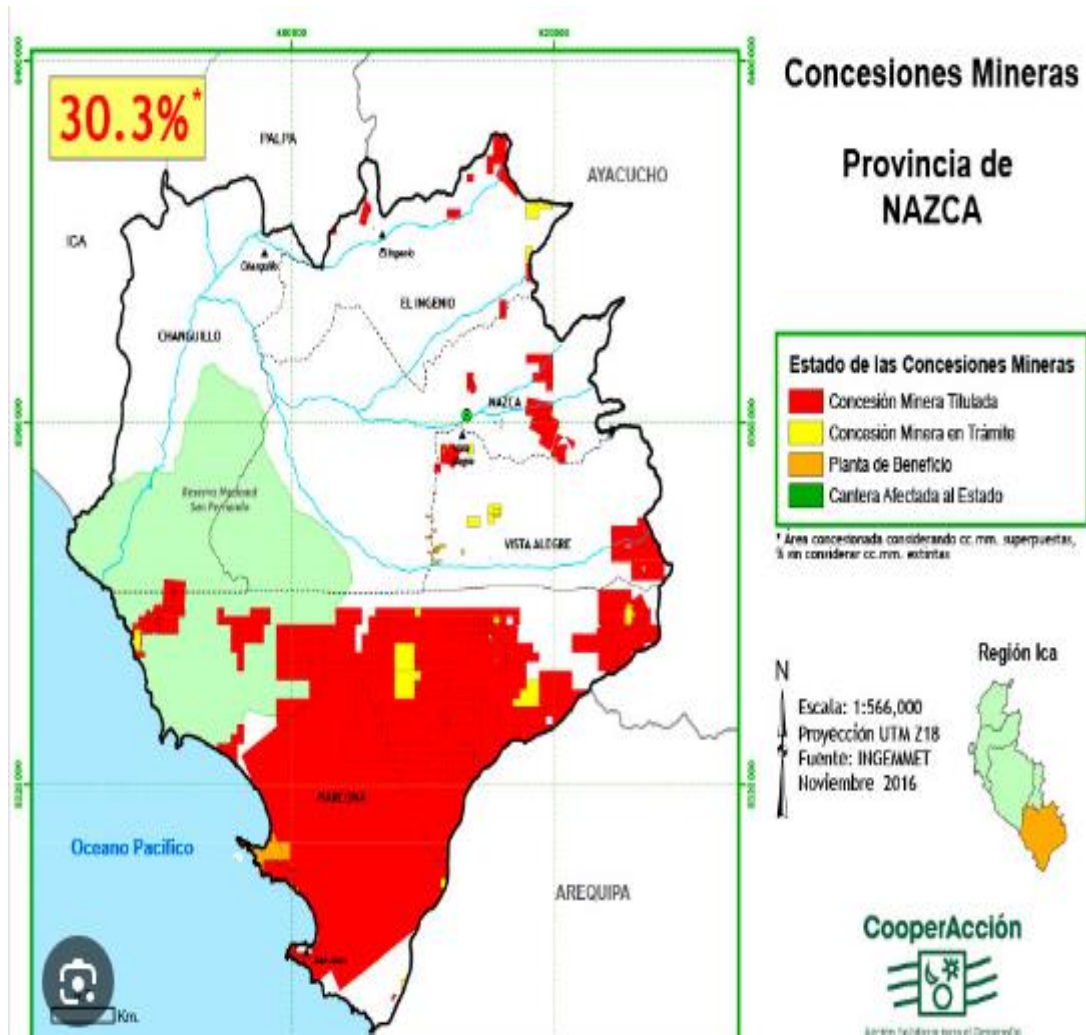


Figura 2: Concesiones mineras en la Provincia de Nazca.

3.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Para el procesamiento de los datos y la posterior análisis e interpretación de los mismos se utilizó los métodos estadísticos que responden al análisis descriptivo e inferencial de los datos obtenidos de la aplicación del cuestionario.[10]. Las tablas adjuntas señalan, los resultados de por un área de 9 m², de suelo contaminado por la pequeña minería en Valle Las Trancas en Vista Alegre – Nazca.

Ítem 1. ¿Cree usted que se utilizan métodos de biorremediación en la pequeña minería en la Provincia de Nazca?

Tabla 7

Métodos de biorremediación

Respuestas	f (i)	h (%)
No	62	57%
A veces	39	35%
Si	9	8%
	110	100%

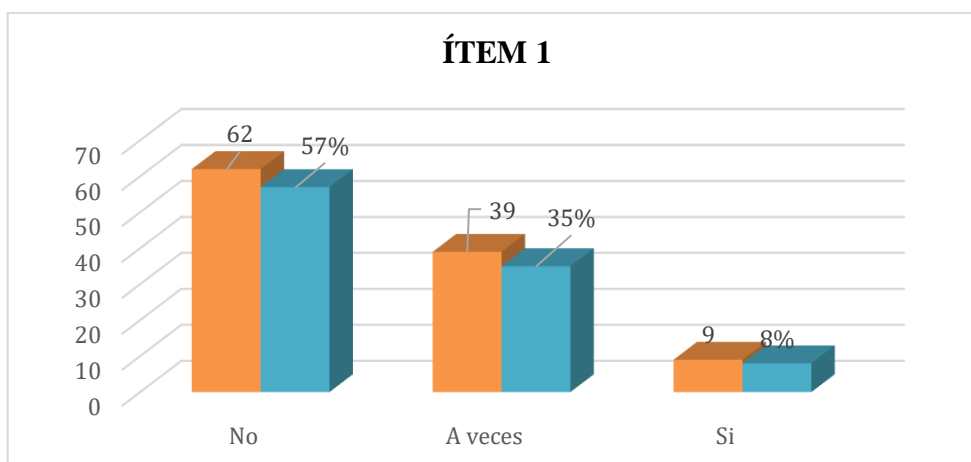


Figura 3: Métodos de biorremediación

Interpretación:

De acuerdo con la percepción de 110 moradores de Vista Alegre, se ha obtenido que, 9 personas (8%) considera adecuado el uso de métodos de biorremediación en la pequeña minería en la Provincia de Nazca, 39 moradores (35%) opinaron que sólo a veces se utilizaron los métodos de biorremediación adecuados y 62 individuos (57%) consideraron que no.

Ítem 2, Considera usted que el método de explotación es el más adecuado de acuerdo al yacimiento

Tabla 8

Método de explotación

Respuestas	f (i)	h (%)
No	2	2%
A veces	102	93%
Si	6	5%
	110	100%

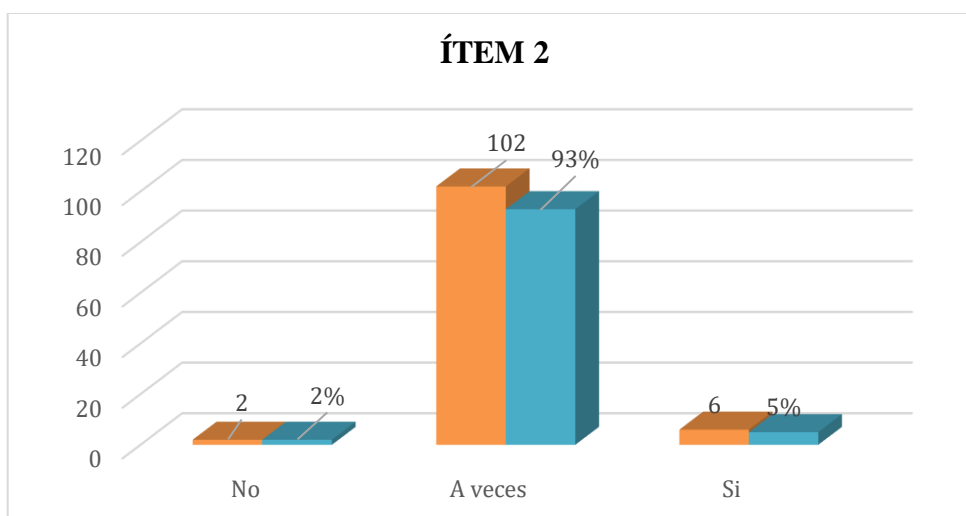


Figura 4: Métodos de explotación.

Interpretación:

De acuerdo con la percepción de 110 moradores de Vista Alegre, se ha obtenido que, 2 personas (2%) considera que no es adecuado el método de explotación de acuerdo al yacimiento, 6 moradores (5%) opinaron que si es adecuado el método de explotación y 102 individuos (93%) consideraron que a veces.

Ítem 3; A su consideración se utilizan los métodos de explotación adecuados en la en la pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre.

Tabla 9

Métodos de explotación en la pequeña minería

Respuestas	f (i)	h (%)
No	41	37%
A veces	49	45%
Si	20	18%
	110	100%

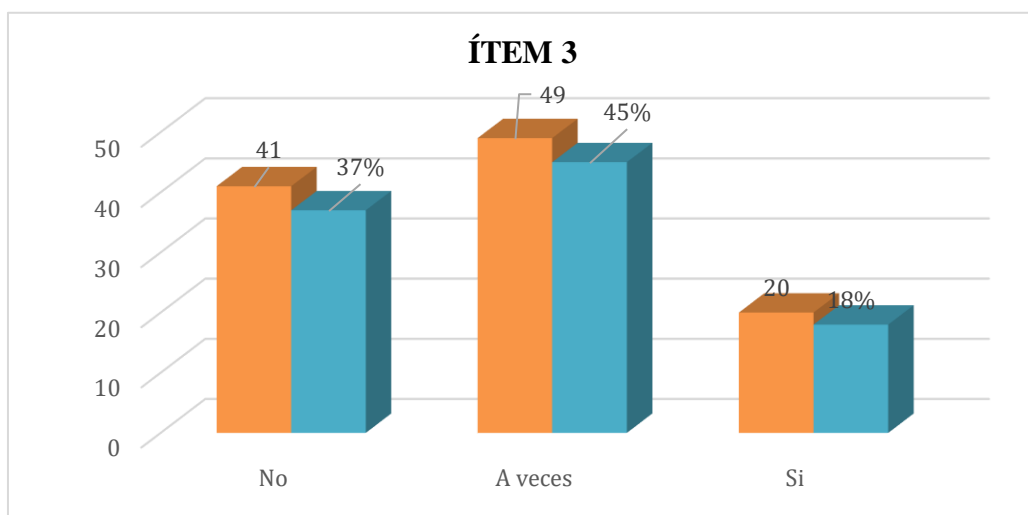


Figura 5: Métodos de explotación en la pequeña minería.

Introducción:

De acuerdo con la percepción de 110 moradores de Vista Alegre, se ha obtenido que, 20 personas (18%) considera que si son adecuados los métodos de explotación que se utilizan en la pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre, 41 moradores (37%) opinaron que no es adecuado los métodos de explotación y 49 individuos (45%) consideraron que a veces.

Ítem 4, Considera idóneo los procesos de recuperación que se utilizan en la pequeña minería en la Provincia de Nazca.

Tabla 10

Procesos de recuperación		
Respuestas	f (i)	h (%)
No	34	31%
A veces	69	63%
Si	7	6%
	110	100%

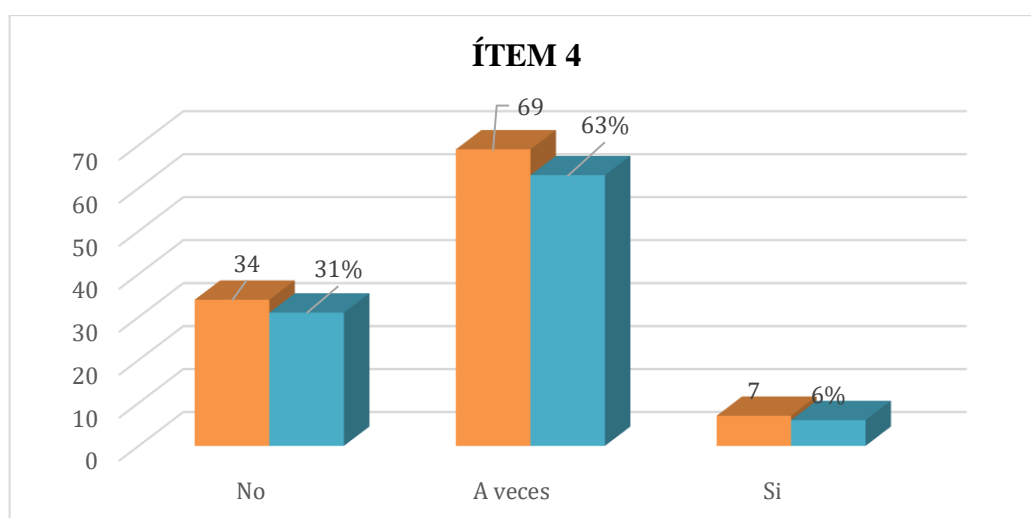


Figura 6: Procesos de recuperación.

Interpretación:

De acuerdo con la percepción de 110 moradores de Vista Alegre, se ha obtenido que, 7 personas (6%) considera que si son idóneos los procesos de recuperación que se utilizan en la pequeña minería en la Provincia de Nazca, 34 moradores (31%) opinaron que no son idóneos los procesos de recuperación y 69 individuos (63%) consideraron que a veces.

Ítem 5, la pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre hace un buen manejo de residuos

Tabla 11

Manejo de residuos

Respuestas	f (i)	h (%)
No	78	71%
A veces	29	26%
Si	3	3%
	110	100%

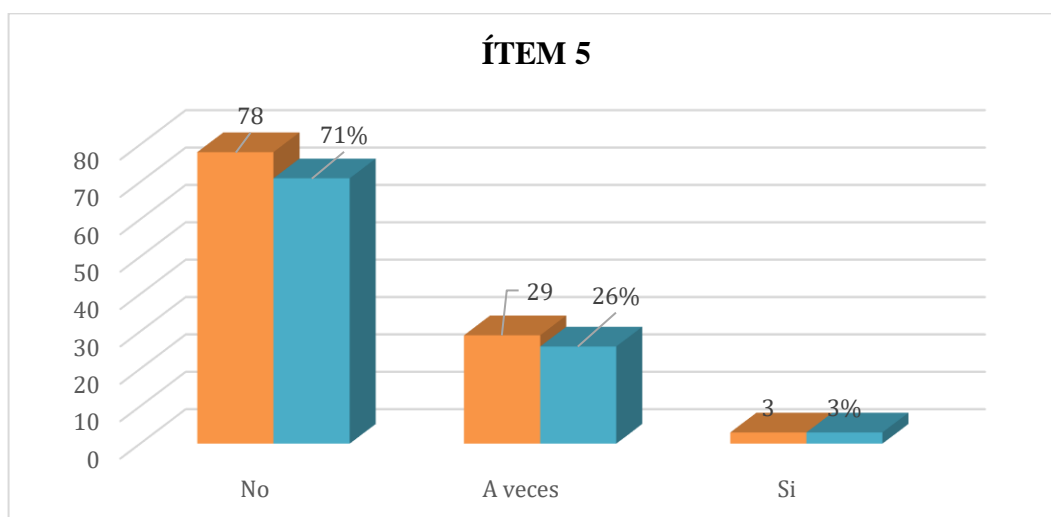


Figura 7: Manejo de residuos.

Interpretación:

De acuerdo con la percepción de 110 moradores de Vista Alegre, se ha obtenido que, 3 personas (3%) considera que, si se hace un buen manejo de residuos en la pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre, 29 moradores (26%) opinaron que a veces la pequeña minería hace un buen manejo de residuos y 78 individuos (71%) consideraron que no.

Ítem 6, Considera usted que la pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre cuida el medio ambiente

Tabla 12

Cuidado del medio ambiente

Respuestas	f (i)	h (%)
No	27	25%
A veces	76	69%
Si	7	6%
	110	100%

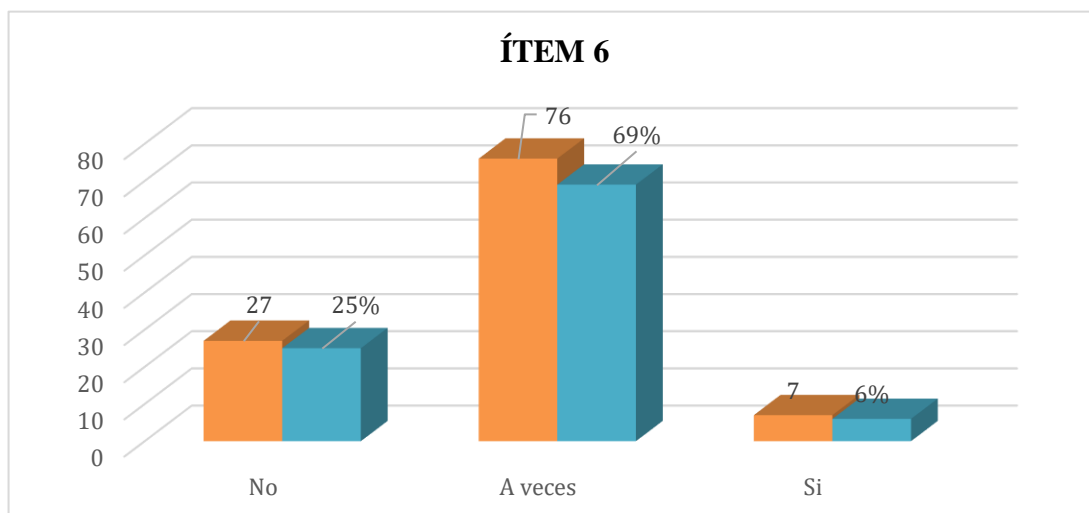


Figura 8: Cuidado del medio ambiente

Interpretación:

De acuerdo con la percepción de 110 moradores de Vista Alegre, se ha obtenido que, 7 personas (6%) considera que la pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre cuida el medio ambiente, 27 moradores (25%) opinaron que la pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre no cuida el medio ambiente y 76 individuos (69%) consideraron que a veces.

Ítem 7, La pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre utiliza los procesos de reciclaje adecuados para el cuidado del medio ambiente

Tabla 13

Procesos de reciclaje

Respuestas	f (i)	h (%)
No	35	32%
A veces	70	63%
Si	5	5%
	110	100%

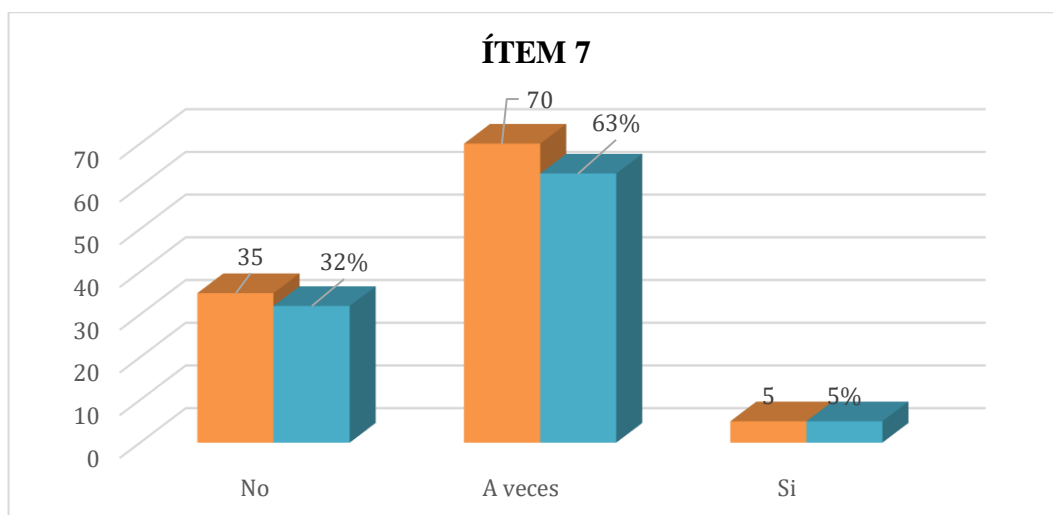


Figura 9: Procesos de reciclaje

Interpretación:

De acuerdo con la percepción de 110 moradores de Vista Alegre, se ha obtenido que, 5 personas (5%) considera que la pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre si utilizan los procesos de reciclaje adecuados para el cuidado del medio ambiente, 35 moradores (32%) opinaron que la pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre no utiliza los procesos de reciclaje adecuados y 70 individuos (63%) consideraron que a veces.

Ítem 8, Cree que el arsénico es correctamente utilizado por el Valle Las Trancas de Vista Alegre

Tabla 14

Utilización de arsénico

Respuestas	f (i)	h (%)
No	30	27%
A veces	75	68%
Si	5	5%
	110	100%

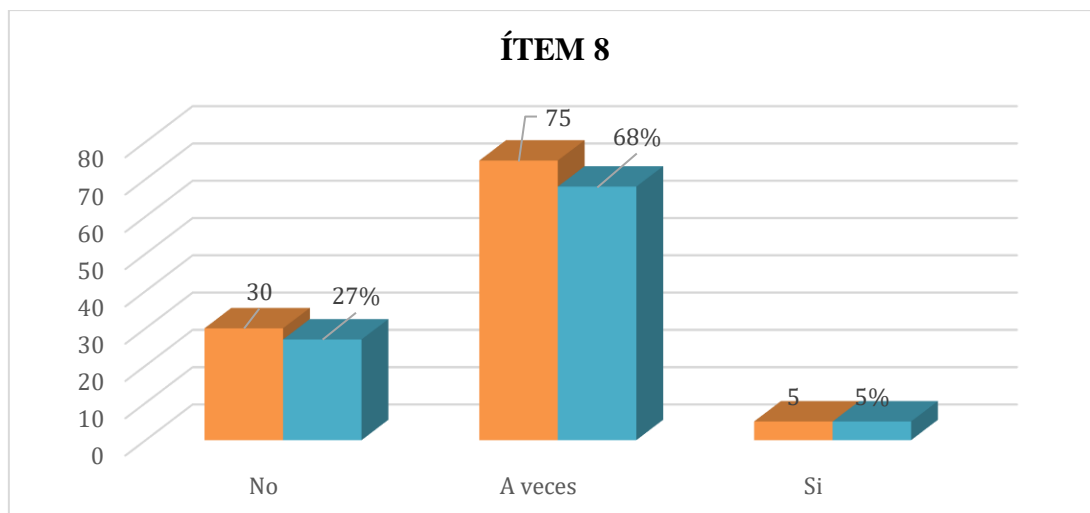


Figura 10: Utilización del arsénico.

Interpretación:

De acuerdo con la percepción de 110 moradores de Vista Alegre, se ha obtenido que, 5 personas (5%) considera que el arsénico es correctamente utilizado por el Valle Las Trancas de Vista Alegre, 30 moradores (27%) opinaron que el arsénico no es correctamente utilizado por el Valle Las Trancas de Vista Alegre y 75 individuos (68%) consideraron que a veces.

Ítem 9, El arsénico afecta la salud de los Valle Las Trancas de Vista Alegre

Tabla 15

Afectación a la salud por arsénico

Respuestas	f (i)	h (%)
No	65	59%
A veces	38	35%
Si	7	6%
	110	100%

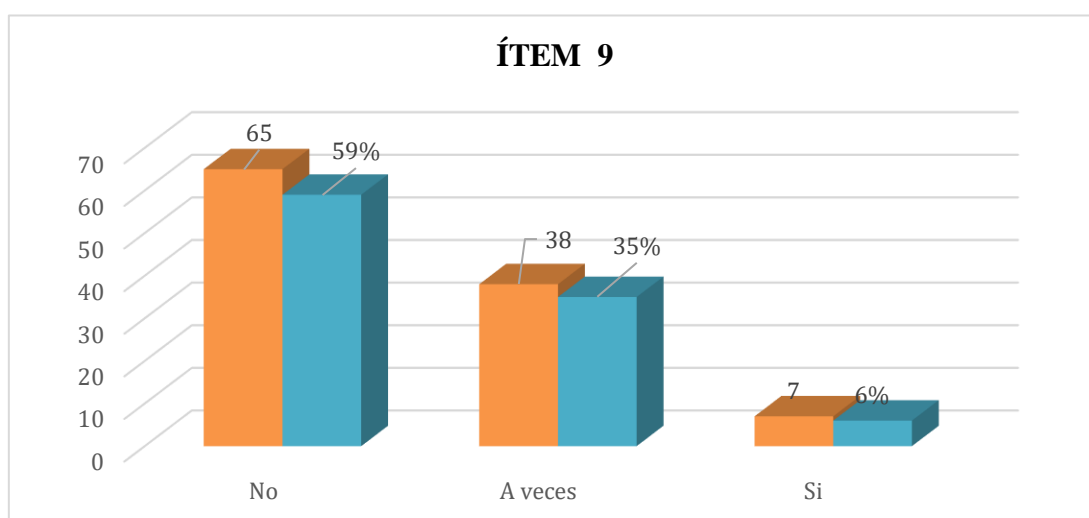


Figura 11: Afectación a la salud por arsénico.

Interpretación:

De acuerdo con la percepción de 110 moradores de Vista Alegre, se ha obtenido que, 7 personas (6%) considera que el arsénico si afecta la salud por el Valle Las Trancas de Vista Alegre, 38 moradores (35%) opinaron que el arsénico a veces afecta la salud y 65 individuos (59%) consideraron que no.

Ítem 10, Cree que el plomo afecta la salud de los pobladores del Valle Las Trancas de Vista Alegre

Tabla 16

Afectación a la salud

Respuestas	f (i)	h (%)
No	62	56%
A veces	39	35%
Si	9	8%
	110	100%

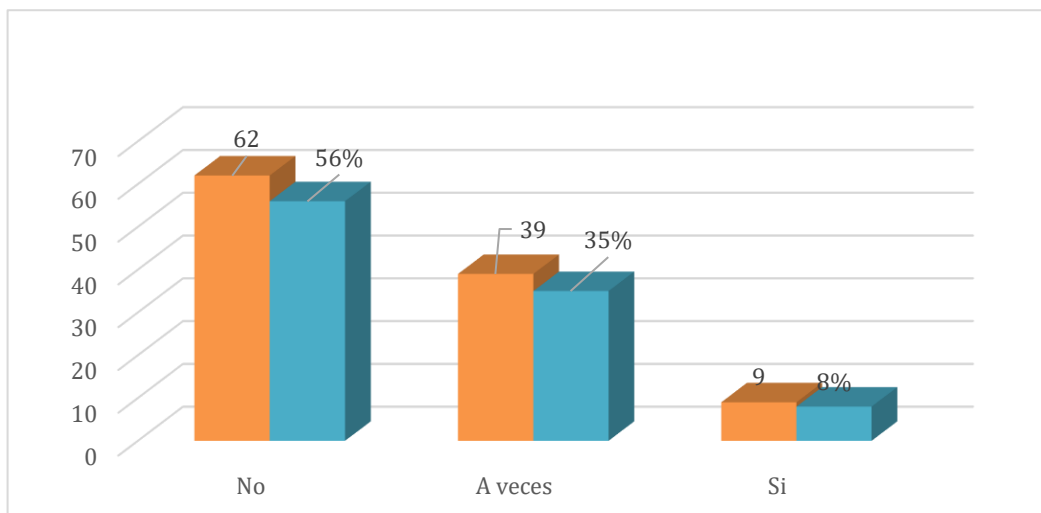


Figura 12: Afectación a la salud.

Interpretación:

De acuerdo con la percepción de 110 moradores de Vista Alegre, se ha obtenido que, 9 personas (8%) considera que el plomo si afecta la salud de los pobladores del Valle Las Trancas de Vista Alegre, 39 moradores (35%) opinaron que el plomo a veces afecta la salud de los pobladores del Valle Las Trancas de Vista Alegre y 62 individuos (56%) consideraron que no.

Tabla 17

Datos del proyecto minero

PROYECTO	REGIÓN	PROVINCIA	Tipo de remediación
Valle Trancas	Las Ica	Nazca	Fitorremediación

Tabla 18

Parámetros geológicos, de extracción, situación previa a la biorremediación de la pequeña minería en Valle Las Trancas en Vista Alegre – Nazca

Valle Las Trancas						
Ubicación	Geología	Yacimiento	Método de explotación	Proceso de recuperación	Aditivos	Manejo de residuos
<i>Vista Alegre Nazca</i>	Se caracteriza por “una morfología suave y plana rodeada de pequeñas lomadas y pampas hasta una topografía moderada y abrupta en las estribaciones de los andes peruanos”.	<i>Valle Las Trancas</i>	Subterráneo – corte y relleno ascendente	Flotación	Aditivos utilizados para la flotación	Desmonte y relaves

Tabla 19

Concentración de plomo en función a las enmiendas orgánicas

Tipo de biorremediación	Plomo			
	Pre test	Unidad de medida	Post test	Unidad de medida
Ricinus communis L. "Higuerilla"	923.54	Mg/kg	486.69	Mg/kg

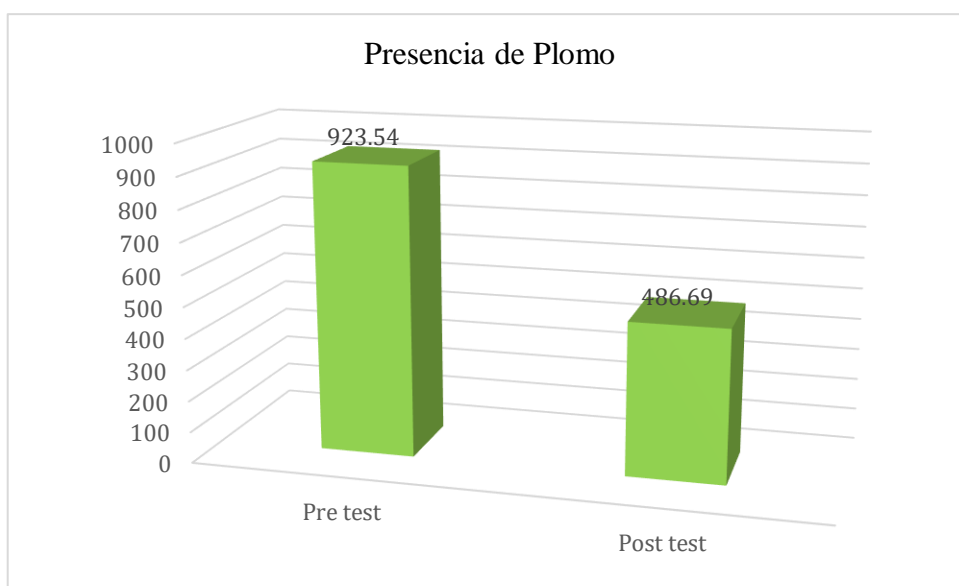


Figura 13: Concentración de plomo

Interpretación:

Para la concentración promedio de Plomo en el suelo contaminado con la Presencia de Plomo antes y después de la fitorremediación aplicando enmiendas orgánicas de tres tipos, se aprecia que la concentración de plomo en función a las enmiendas orgánicas en el pre test fue de 923.54 mg/Kg y en el post test de la concentración de plomo en función a las enmiendas orgánicas fue de 486.69 mg/Kg.

Tabla 20

Concentración de Arsénico en función a las enmiendas orgánicas

Tipo de biorremediación	Arsénico			
	Pre test	Unidad de medida	Post test	Unidad de medida
Ricinus communis L. "Higuerilla"	81.37	Mg/kg	49.62	Mg/kg

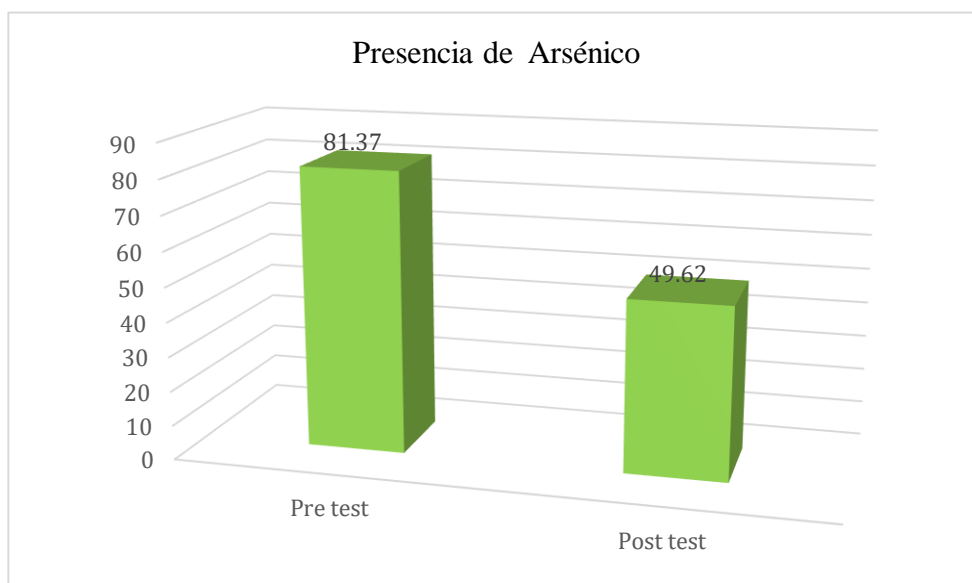


Figura 14: Concentración de Arsénico

Interpretación:

Para la concentración promedio de Arsénico en el suelo contaminado antes y después de la fitorremediación aplicando enmiendas orgánicas de tres tipos, se aprecia que la concentración de arsénico en función a las enmiendas orgánicas en el pretest fue de 81,37 mg/Kg y en el posttest de la concentración de arsénico en función a las enmiendas orgánicas fue de 49,62 mg/Kg.

3.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Prueba de normalidad de datos

- Ho: $p < \alpha$
- Ha: $p > \alpha$

Tabla 21

Prueba de normalidad para la remoción de metales pesados en función a la fitorremediación

Tipo de biorremediación		Shapiro-Wilk		
Ricinus communis	Estadístico	Gl	Sig.	
L. "Higuerilla"	0,874	2	0,61	

Interpretación:

La prueba de normalidad realizada para la influencia de la fitorremediación con enmiendas orgánicas y las concentraciones de metales pesados en el suelo se realizó mediante la prueba de normalidad de Shapiro Wilk ya que se aplica a muestras menores a 50, como resultado se obtuvo un nivel de significancia mayor a 0,05, de ello se deduce que nuestra distribución de datos es normal.

Prueba de igualdad de varianza de datos

- Ho: Todas las varianzas son iguales
- Ha: Por lo menos una varianza es diferente
- $\alpha = 0.05$

Tabla 22

Prueba de igualdad de varianzas para la fitorremediación con *Ricinus communis* L. “Higuerilla

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	---	0.037
Levene	0.40	0.042

Interpretación:

Para la aplicación de la prueba ANOVA para determinar la influencia del uso de *Ricinus communis* L. “Higuerilla” en suelos contaminados con arsénico y plomo de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022, se realizó la prueba de igualdad de varianzas obteniéndose un p-value menor a 0.05, es decir, si existe una influencia significativa entre la contaminación del suelo antes y después de la aplicación de la Higuerilla.

Tabla 23

Prueba de igualdad de varianzas para la fitorremediación con *Ricinus communis* L. “Higuerilla en suelos contaminados con arsénico

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	---	0.026
Levene	0.38	0.039

Interpretación:

Para la aplicación de la prueba ANOVA para determinar la influencia del uso de *Ricinus communis* L. “Higuerilla” en suelos contaminados con arsénico y plomo de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022, se realizó la prueba de igualdad de varianzas obteniéndose un p-value menor a 0.05, es decir, si existe una influencia significativa entre la contaminación del suelo contaminados con arsénico antes y después de la aplicación de la Higuerilla.

Tabla 24

Prueba de igualdad de varianzas para la fitorremediación con *Ricinus communis L.* “Higuerilla en suelos contaminados con plomo

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	---	0.021
Levene	0.37	0.037

Para la aplicación de la prueba ANOVA para determinar la influencia del uso de *Ricinus communis L.* “Higuerilla” en suelos contaminados con plomo de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022, se realizó la prueba de igualdad de varianzas obteniéndose un p-value menor a 0.05, es decir, si existe una influencia significativa entre la contaminación del suelo antes y después de la aplicación de la Higuerilla en suelos contaminados con plomo.

IV. DISCUSIÓN

4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según los hallazgos de esta investigación y en concordancia con las comparaciones hechas con otros estudios se puede deducir que las operaciones mineras generan problemas gravísimos que atentan contra la salud ambiental por la cantidad de metales pesados que trasgrede los estándares de calidad ambiental para el suelo, y para disminuir este problema se presenta la biorremediación como solución eficiente para curar los suelos (Acebedo, 2018) que se confirma con los resultados en esta investigación donde la concentración de plomo disminuyó por el uso de *Ricinus communis* L. “Higuerilla.

Asimismo, la concentración de arsénico en función en función a las enmiendas orgánicas disminuyó la presencia de este metal por el uso de *Ricinus communis* L. “Higuerilla. Resultado que conforma lo sostenido de Ledesma (2018) quien tuvo una experiencia exitosa con la aplicación de biorremediación ambiental logrando regenerar los ecosistemas dañados por los relaves mineros.

Además, se halló diferencias significativas antes y después de aplicar el *Ricinus communis* L. “Higuerilla como biorremediación en los suelos contaminados por arsénico y plomo en la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022. Situación que permite mencionar el estudio de Solís (2020) quien demostró la eficiencia de los métodos de encapsulamiento de residuos mineros.

V. CONCLUSIONES

1. La concentración de plomo en función a las enmiendas orgánicas en el pre test fue de 923,54 mg/Kg y en el post test de la concentración de plomo en función a las enmiendas orgánicas fue de 486,69 mg/Kg, es decir, disminuyó la presencia de este metal por el uso de *Ricinus communis* L. “Higuerilla.
2. La concentración de arsénico en función a las enmiendas orgánicas en el pre-test fue de 81,37 mg/Kg y en el post-test de la concentración de arsénico en función a las enmiendas orgánicas fue de 49,62 mg/Kg, es decir, disminuyó la presencia de este metal por el uso de *Ricinus communis* L. “Higuerilla.
3. Además, mediante el ANOVA se halló diferencias significativas antes y después de aplicar el *Ricinus communis* L. “Higuerilla como biorremediación en los suelos contaminados por arsénico y plomo en la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022.

VI. RECOMENDACIONES

1. A las autoridades correspondientes, evaluar los métodos de biorremediación más eficientes para la recuperación de suelos contaminados como el arsénico y plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre.
2. A las entidades pertinentes, comparar y proponer las características de los métodos de biorremediación más usados para la recuperación de suelos contaminados, asimismo, evaluar los parámetros de crecimiento en las diversas fases de crecimiento de la planta para determinar la capacidad fitorremediador de la Higuerrilla en las concentraciones de plomo y arsénico.
3. Describir los parámetros geológicos, de extracción, situación previa a la remediación y tipo de biorremediación de las operaciones en suelos contaminados con arsénico y plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre.
4. A los moradores de Vista Alegre cooperar en los trabajos a realizarse en la pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre, provincia de Nazca.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] I. P. Londoño Olivera, “Biorremediación como estrategia para la recuperación de suelos mineros contaminados con mercurio, cadmio y plomo (Hg, Cd, Pb),” Universidad de Córdova, 2020.
- [2] J. E. Jara Medina, “Desarrollo de una metodología de recuperación de suelos altamente contaminados con metales pesados utilizando remediación fisicoquímica y fitorremediación,” Universidad Andrés Bello, 2018.
- [3] W. J. Díaz Cartagena, “Factores que determinan el origen de la contaminación de suelos por arsénico en la comunidad de Llacuabamba, Patate, mediante procedimientos secuenciales y alternos,” Universidad Nacional Mayor De San Marcos, 2020.
- [4] K. Z. Papuico Huayta, “Técnica de fitorremediación en la extracción de metales pesados con la planta Yaluzai (*Senecio rudbeckiaefolius*) en la relavera de Quiulacocha del distrito de Simón Bolívar de Rancas,” Universidad nacional Daniel Alcides Carrión, 2018.
- [5] A. A. Benduzu-Benavides, “Propuesta de un Sistema de Gestión de Seguridad Y Salud en el Trabajo para Mejorar la Actividad Minera Artesanal en la Provincia de Nazca - 2019,” Universidad Nacional “San Luis Gonzaga,” 2021.
- [6] M. F. Barrios Ponte and A. J. Garcilazo Saenz, “Capacidad fitorremediadora de *Ricinus communis* ‘Higuerilla’ sobre Arsénico y Plomo de suelos contaminados del sector La Porfia Patate, 2019,” Universidad César Vallejo, 2019.
- [7] S. M. Bonilla Valencia, “ESTUDIO PARA TRATAMIENTOS DE BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON PLOMO, UTILIZANDO EL MÉTODO DE FITORREMEDIACIÓN,” Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Campus Sur, 2013.
- [8] L. Chipana Sosa and M. I. Llacta Conislla, “Buenas prácticas ambientales en los actores de desarrollo agrario del distrito de Acobamba - Huancavelica,” Universidad Nacional De Huancavelica, 2019.
- [9] B. A. Loli Tapia, “Nivel de conocimiento y su influencia en el uso de agroquímicos por los trabajadores del Fundo Don Jorge, Huarvey-Ancash, 2019,” Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2019.
- [10] M. U. Urrutia Mendoza, “Problemática en salud y el ambiente del uso de plaguicidas en el cultivo del tomate en Limatambo-Cusco 2019,” Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2021.

Anexos

ANEXO 01: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Estimado participante: El estudio de investigación será de utilidad para proponer soluciones frente a la contaminación de los suelos agrícolas, se solicita responder con veracidad el siguiente cuestionario:

1. Ítem 1, Cree usted que se utilizan métodos de biorremediación en la pequeña minería en la Provincia de Nazca.
2. ¿Considera usted que el método de explotación es el más adecuado de acuerdo al yacimiento?
3. A su consideración se utilizan los métodos de explotación adecuados en la en la pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre.
4. Considera idóneo los procesos de recuperación que se utilizan en la pequeña minería en la Provincia de Nazca.
5. La pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre hace un buen manejo de residuos
6. Considera usted que la pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre cuida el medio ambiente
7. La pequeña minería en Valle Las Trancas de Vista Alegre utiliza los procesos de reciclaje adecuados para el cuidado del medio ambiente
8. Cree que el arsénico es correctamente utilizado por el Valle Las Trancas de Vista Alegre
9. El arsénico afecta la salud de los Valle Las Trancas de Vista Alegre
10. Cree que el plomo afecta la salud de los pobladores del Valle Las Trancas de Vista Alegre

Hoja de registro

PROYECTO	REGIÓN	PROVINCIA	Tipo	de			
Valle Las Trancas							
Ubicación	Geología	Yacimiento	Método de explotación	Proceso de recuperación	de	Aditivos	Manejo de residuos
Concentración de metales en función a las enmiendas orgánicas							
Tipo	de	Plomo					
biorremediación		Pre test	Unidad de medida	Post test	Unidad de medida		
<i>Ricinus communis L.</i> "Higuerilla"							

ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: Biorremediación mediante el uso de *Ricinus communis* L. "Higuerilla" en suelos contaminados con arsénico y plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022

Pregunta general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Metodología
¿Cuál es el nivel de influencia de la fitorremediación con <i>Ricinus communis</i> L. "Higuerilla" en suelos contaminados con arsénico y plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, ¿2022?	Analizar la influencia de la fitorremediación con <i>Ricinus communis</i> L. "Higuerilla" en suelos contaminados con arsénico y plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022	Existe influencia significativa de la fitorremediación con <i>Ricinus communis</i> L. "Higuerilla" en suelos contaminados con arsénico y plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022		<p>Tipo: No experimental-cuantitativo</p> <p>Nivel: básico</p> <p>Diseño: explicativo</p> <p>Población: Pobladores de Vista Alegre</p> <p>Muestra: 100 Pobladores de Vista Alegre</p> <p>Técnica de recolección: Encuesta</p> <p>Instrumento de recolección: Cuestionario</p>
Preguntas específicas	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		
¿Cuál es el nivel de influencia de la fitorremediación con <i>Ricinus communis</i> L. "Higuerilla" en suelos contaminados con arsénico por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, ¿2022?	Analizar la influencia de la fitorremediación con <i>Ricinus communis</i> L. "Higuerilla" en suelos contaminados con arsénico por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022.	Existe influencia significativa de la fitorremediación con <i>Ricinus communis</i> L. "Higuerilla" en suelos contaminados con arsénico por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022		
¿Cuál es el nivel de influencia de la fitorremediación con <i>Ricinus communis</i> L. "Higuerilla" en suelos contaminados con plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, ¿2022?	Analizar la influencia de la fitorremediación con <i>Ricinus communis</i> L. "Higuerilla" en suelos contaminados con plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022	Existe influencia significativa de la fitorremediación con <i>Ricinus communis</i> L. "Higuerilla" en suelos contaminados con plomo por plantas concentradoras de la pequeña minería en la Provincia de Nazca, Ica, 2022		